ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS PARA OPTIMIZAR UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERCIÓN EN LA QUINTA "LA DELICIA" (SAN JUAN, CANTON RIOBAMBA)."

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES: CRISTIAN FERNANDO SALAZAR VALVERDE

ALEX EMILIO APUGLLÓN MALÁN

DIRECTORA: Ing. EUGENIA MERCEDES NARANJO VARGAS

Riobamba - Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, CRISTIAN FERNANDO SALAZAR VALVERDE Y ALEX EMILIO APUGLLÓN MALÁN, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citadas y referenciadas.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de noviembre de 2019

Salazar Valverde Cristian Fernando

Cédula de Identidad: 060414383-4

Apugllón Malán Alex Emilio

Cédula de Identidad: 060469657-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS PARA OPTIMIZAR UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERCIÓN EN LA QUINTA "LA DELICIA" (SAN JUAN, CANTON RIOBAMBA),** realizado por los señores: **SALAZAR VALVERDE CRISTIAN FERNANDO** y **APUGLLON MALÁN ALEX EMILIO,** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	**FECHA**
Ing. Marco Homero Almendáriz Puente **PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**		2019-11-19
Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas **DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**		2019-11-19
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza **MIEMBRO DEL TRIBUNAL**		2019-11-19.

DEDICATORIA

A Dios, luz, guía, sabiduría, poder y confianza.

A mis padres y hermanos ejemplo de lucha constante, superación, comprensión y unidad.
A mi hijo por ser mi inspiración, mis fuerzas y mis ganas de salir adelante, por llegar a mi vida en el momento indicado y hacerme ver lo bello que es ser su madre y porque desde el momento que le tuve en mis brazos me ha enseñado que el verdadero amor existe, regalándome una sonrisa que me ayuda a no rendirme y seguir adelante persiguiendo mis metas y llenando mi corazón de alegría, amor y ternura por él y para él.

SALAZAR VALVERDE CRISTIAN FERNANDO

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres y a mi ángel que está en cielo. A Dios porque ha estado conmigo guiándome en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba dejándome tomar mis propias decisiones sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. A mi mejor amigo Luis Daniel por a verme apoyado en todo momento y en este presente trabajo de titulación.

APUGLLON MALÁN ALEX EMILIO

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a Dios por permitirme culminar una de mis metas, a mis padres por el apoyo incondicional, a mis hermanos por su confianza que siempre han estado ahí para brindarme un consejo en toda mi trayectoria estudiantil.

Además a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, a los docentes, secretaria y colaboradores por brindarme una educación de calidad complementada con valores que me sirvió para educarme de la mejor manera para así contribuir al desarrollo de mi patria, de igual manera a mi Director y Miembro de tesis, quienes me brindaron sus conocimientos, a nuestros compañeros que nos apoyaron para culminar con éxito esta etapa profesional.

Cristian Salazar & Alex Apugllón

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

El presente Trabajo de Titulación trata del diseño e implementación de elementos para un Sistema de riego Tecnificado. Se analizaron los diferentes requerimientos y características de la Quinta con la finalidad de cumplir con los objetivos implantados. En la situación actual se determinaron varios factores mediante una visita Insitu, en donde se determinó la falta de recurso hídrico estableciendo requerimientos de implementación de elementos (captador de agua, desarenador, tanque reservorio y aspersores) por lo cual nos sirvió de base para el cálculo del diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego. Por ello, se realizó jornadas de capacitación y de concientización entre los moradores de la zona donde se desarrolló el proyecto, empleando herramientas didácticas, accesorios y materiales empleados en la implementación de sistemas de riego, de manera que la población pudo presenciar su aplicación y funcionamiento, se elaboró una investigación minuciosa en el ámbito agronómico, hidráulico, sembrando así, conocimientos que puedan aplicarse conjuntamente para obtener un sistema de riego tecnificado innovador y eficaz.

Con la ayuda del software Cropwat 8.0 se desarrolló el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, en base a datos climatológicos y condiciones ambientales de la parroquia, es el paso previo al cálculo hidráulico del riego, en donde se manejó formulas prácticas que permitieron obtener las mínimas perdidas posibles durante la circulación del agua a través del circuito hidráulico, En conclusión se construyó los diferentes elementos que integran el sistema de aspersión bajo los parámetros de diseño con una dosis neta de 27,72 mm, considerando una frecuencia entre riego de 4 días, mediante el uso de un aspersor, se recomienda brindar mantenimiento periódico preventivo a todo el sistema de riego a través de la limpieza de filtros en el reservorio, filtros en aspersores debido a que la presencia de impurezas a través de las capacitaciones

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>**,** <SISTEMA POR ASPERSIÓN>, <RECURSO HÍDRICO>, <PRESIÓN POR GRAVEDAD>, <DISEÑO AGRONÓMICO>, <OPTIMIZACIÓN DE RECURSO HIDRICO>.

ABSTRACT

The present work of Titling dealt with the design and implementation of elements for a Technified lrrigation System, for which the different requirements and characteristics of the Fifth "La Delicia" were analyzed in order to meet the objectives established, several factors were determined through an lnsitu visit, where the lack of water resources established requirements for the implementation of elements (water collector, dewatering, reservoir tank and sprinklers) was determined, which served as a basis for the calculation of the agronomic and hydraulic design of the water system irrigation. Therefore, training and awareness sessions were held among the inhabitants of the area where the project was developed, using didactic tools, accessories and materials used in the implementation of irrigation system, so that the population was able to witness its application and operation , a thorough investigation in the agronomic, hydraulic field was sown, thus sowing knowledge that can be applied together to obtain an innovative and efficient irrigation system

With the help of the Cropwat 8.0 software, the calculation of the water needs of the crops was developed, based on weather data and environmental conditions of the parish, it is the previous step to the hydraulic calculation of the irrigation, where practical formulas were managed that allowed obtaining the minimum possible losses during the circulation of water through the hydraulic circuit. In conclusion, the different elements that integrate the spray system were built under the design parameters with a net dose of 27.72 mm, considering a frequency between irrigation of 4 days, using a sprinkler, it is recommended to provide, maintenance Preventive newspaper to the entire irrigation system through the cleaning of filters in the reservoir, filters in sprinklers due to the presence of impurities through training

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGIES AND SCIENCES>, <SPRAY IRRIGATION>, <WATER RESOURCE>, <GRAVITY PRESSURE>, <AGRONOMIC DESIGN>, <WATER RESOURCE OPTIMIZATION>.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente Trabajo Técnico es la optimización de un sistema de riego en la Quinta "La Delicia", a través del diseño y construcción de elementos, en las actividades agrícolas, lo más usual en nuestro entorno geográfico es la distribución del recurso hídrico a través de turnos de riego, razón por la cual vamos a implementar metodologías para hacer que este proceso cumpla parámetros de caudal, presión y recurso energético equilibrado según los requerimientos del cultivo, al utilizar un sistema de riego por aspersión resulta ventajoso lo cual puede adaptarse a topografías irregulares, optimizando el consumo de agua, ahorro de tiempo y dinero. En un sistema de riego por aspersión bien diseñado no debe producirse escorrentía, es decir, cada gota de agua debe infiltrarse en el mismo punto donde cae. Además, el tamaño de las gotas producidas por los aspersores debe ser de un tamaño óptimo, de tal manera evita la erosión al caer al suelo, cuanto mayor sea el tamaño de la gota, con mayor energía llegará al suelo y en consecuencia la erosión podrá ser mayor.

El diseño de un sistema de riego por aspersión es de suma importancia ya que permitirá conocer la capacidad del sistema y su adaptación para el riego de determinados cultivos, el proceso de diseño de un sistema de riego por aspersión comienza reuniendo información de tipo agronómico acerca del tipo de suelo, cantidad y calidad de agua, clima y cultivos, así como sobre la topografía y dimensiones de la zona a regar. También habrá que considerar la economía del agricultor para el costo de la construcción de elementos e instalación de la misma, la viabilidad para realizar las técnicas de cultivo y la posibilidad de formación para el manejo de la instalación. Con toda esta información se definirán las características generales del sistema y se procederá a la planificación y el cálculo hidráulico (diámetros de tuberías, caudales, presiones, etc.), de acuerdo con las limitaciones de tipo económico, de mano de obra y del entorno.

Aunque sea una división muy artificial y demasiado esquemática, se pueden considerar dos fases en el proceso de diseño: el diseño agronómico, con el que se determina la cantidad de agua que requiere el cultivo en las épocas de máximas necesidades, el tiempo de riego, etc. El diseño hidráulico que permitirá determinar las dimensiones de los componentes de la instalación, de forma que se pueda suministrar el agua necesaria en épocas de máxima necesidad.

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El riego consiste en la dotación de agua hacia los cultivos con la finalidad de brindar un suministro eficiente para el crecimiento de las siembras. Existen varios sistemas de riego y métodos de riego que varían según su eficiencia, mantenimiento, costo, entre otros.

La Quinta "La Delicia" ubicada en la parroquia San Juan no cuenta con ningún sistema de riego para sus cultivos, para lo cual la implementación y diseño de componentes óptimos para un sistema de riego mediante aspersión, respetando normas ambientales y causando el menor impacto ambiental posible ya que el riego se enfoca como una perspectiva física o técnica, orientada para el desarrollo de obras hidráulicas.

La importancia del riego en el Ecuador toma énfasis a mediados de los años ochenta, a raíz de las lluvias e inundaciones y la grave sequía que se produjo en la sierra como efecto del fenómeno de El Niño de 1983. Un sistema de riego, es un complejo sistema de control del agua porque en él se combinan los elementos físicos, normativos, organizativos, agro-productivos, tomando en cuenta a todos estos factores se obtendrá un mejor sistema de riego de aspersión, como objetivo de cualquier método de riego es conducir el agua desde la fuente a la zona de riego y aplicarla en la parcela y los cultivos.

1.2 Planteamiento del problema

La implementación adecuada de un sistema de riego incide grandemente en una mayor disponibilidad de agua para los regantes y en la mejora las producciones de sus cultivos, pero también considerando los espacios de alto interés ambiental, la mejora del riego redundará en un mayor nivel y calidad de vida en los agricultores. La importancia de un manejo adecuado del agua de riego está en el estudio y diseño que se le realice al momento de implementar un sistema de riego, pero son frecuentes las situaciones en las que las pérdidas de agua de riego son importantes.

Mediante el estudio y el análisis se pretende dar una alternativa de un mejor sistema de riego, analizando todos los parámetros que interfieren como el alcance, la forma y distribución del

aspersor, entre otros elementos que componen el sistema abarcando un gran número de cuestiones en torno al manejo del riego, desde la decisión sobre cuándo y cuánto regar hasta la evaluación básica de instalaciones de riego, de forma que se puedan detectar sus deficiencias y buscar soluciones factibles, tomando en cuenta los aspectos complejos relacionados con el diseño de instalaciones, cuestión reservada para personal calificado, si bien se abordan criterios que debe conocer el agricultor para participar en el diseño de su instalación.

En la actualidad la Quinta "La Delicia" se encuentra en etapa de implementación buscando tecnificar sus procesos de riego, actualmente la Quinta se encuentra utilizando métodos tradicionales (inundación-surco), obligando en si al propietario a buscar nuevos sistemas tecnificados de riego, de ahí surge la necesidad de diseñar un sistema de riego por aspersión, permitiendo el regadío del agua sea suministrado de manera que satisfaga las necesidades del cultivo, en cantidades técnicamente adecuadas de acuerdo al tipo de cultivo, extensión de terreno, condiciones climatológicas y necesidades agro-técnicas.

Dando lugar al suministro del recurso hídrico cumpliendo con las necesidades de los productores, además de conseguir un manejo responsable de dicho recurso sin causar impacto ambiental, mejorando las condiciones agrarias del sector para obtener una mayor y mejor producción.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación Teórica

Durante el estudio y el análisis realizado en el presente proyecto, permitirá contribuir al conocimiento existente sobre el diseño de sistemas de riego por aspersión como herramienta de evaluación técnica y competencias científicas en la educación superior donde sus resultados pueden sistematizarse en una implementación y los resultados ser expuestos demostrando que el uso de riegos tecnificados mejora la eficiencia y la productividad optimizando recursos hídrico e infraestructura.

1.3.2 Justificación Metodológica

El análisis y diseño de elementos componentes del sistema de riego de una área determinada en donde la Quinta "La Delicia" busca tecnificar métodos de riego que son obsoletos para la producción de pastizales, en donde la idea fundamental es optimizar el uso de materiales y recursos hídricos, mediante la investigación científica y el uso de fórmulas que apoyan al cálculo del diseño del sistema de riego con el objetivo de reducir costos mínimos de infraestructura y mejorar el uso inadecuado de agua, su validez y confiabilidad se basa en la investigación exhaustiva de los autores de este trabajo, de esta forma los próximos trabajos de investigación o construcción en conjunto

con empresas u organizaciones dedicadas a desarrollar sistemas sostenibles puedan obtener información óptima y veraz.

1.3.3 Justificación científica

La visión responsable debe orientarse a las alternativas encaminadas al uso racional y a la permanencia del recurso hídrico en cantidad y calidad para las futuras generaciones, orientado al mejoramiento de la eficiencia en la aplicación del recurso no renovable a través de un sistema de riego para obtención de pastizales mejor calidad para el consumo del ganado en la Quinta "La Delicia", además el desarrollo de la investigación se convierte en un punto de partida para otras investigaciones de similares características.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar y construir elementos para optimizar un sistema de riego por aspersión en la Quinta "La Delicia" (San Juan, Cantón Riobamba).

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las condiciones actuales del suministro del recurso hídrico de uso agrícola en la Quinta "La Delicia".
- Identificar los parámetros de diseño agronómico mediante el programa CROPWAT 8.0 para la optimización de elementos de un sistema de riego por aspersión.
- Diseñar un sistema hidráulico que permita la distribución de agua según el tipo de cultivo, área y condiciones climatológicas del lugar, mediante software SolidWorks.
- Distribuir el recurso hídrico eficientemente sobre la parcela con el fin de evitar el riego innecesario.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Riego

El riego consiste en la dotación de agua hacia el suelo de los cultivos con el objetivo de brindar un suministro suficiente que permita un buen crecimiento de las plantaciones; además es una de las prácticas más antiguas utilizadas por el hombre para producir alimentos. En las últimas décadas se ha tomado al riego con un enfoque científico que utiliza el recurso agua con mayor eficiencia, disminuyendo los efectos de la erosión y el drenaje deficiente.

En América Latina las obras de riego y drenaje son nuevas y han sido ejecutadas por el esfuerzo individual y por empresas privadas. En muchos países cuentan con las tecnologías de riego más modernas, las mismas que se basan en técnicas muy primitivas desarrolladas por los indígenas. (Carlos, 2016)

2.1.1 Principales problemas de riego deficiente

- Pérdidas de agua.
- Lavado de nutrientes bajo la zona donde se desarrollan raíces.
- Bajo rendimiento de cultivos (pastos).
- El aumento de la eficiencia del agua de riego se basa en los principios del suelo que se está regando.

2.1.2 Trabajos para incrementar la producción agrícola

Las principales líneas de trabajo a desarrollarse por medio del riego son:

- Aumentar la eficiencia del uso del agua disponible, evitar pérdidas de agua durante el riego. Estas pérdidas se producen en la superficie que se riega y también en la línea de conducción, en los que se producen derrames significativos que en ocasiones el agua que llega a la superficie de riego no es ni siquiera la mitad que ingresa a la línea de conducción.

- Mejorar el abastecimiento de agua en las zonas de riego temporales, para asegurar el riego de estas superficies agrícolas temporales. Para lo cual se necesita la ampliación y mejoramiento de obras hidráulicas.

- Incorporar regadío en suelos, con lo cual es necesario construir infraestructura de riego. (Ushiña Guaján, 2014)

2.1.3 El agua como recurso

A causa de la creciente demanda de agua generada especialmente por el aumento de la población y las actividades humanas junto con los cambios climáticos, actualmente son muchas las regiones a nivel del mundo con serias dificultades para acceder y reservar este líquido vital para satisfacer las necesidades presentes aún más, las de futuras generaciones.

El sector agrícola consume un tercio de las reservas de agua dulce en el mundo. La agricultura influye tanto en la cantidad como en la calidad de agua disponible para otros usos, en algunas zonas, la contaminación provocada por plaguicidas y fertilizantes utilizados en la agricultura constituye, de por sí, una de las principales causas de la deficiente calidad del agua. El cambio climático añade a su vez un nuevo elemento de incertidumbre a la disponibilidad de recursos hídricos se refiere, dados los cambios previstos en las pautas de precipitaciones, se espera que, en el futuro, ciertas zonas no dispongan de mayores reservas hídricas que otras, teniendo en cuenta muchos factores como la creciente demanda y al cambio climático, muchos usuarios, sin excluir a la naturaleza, encontrarán dificultades para satisfacer sus necesidades hídricas. En caso de escasez, las empresas y hogares pueden recurrir a estrategias para reducir el consumo de agua, pero nuestro ecosistema corre el riesgo de sufrir un daño irreversible (Álava, 2014)

2.1.4 Uso del agua en la agricultura

Se puede determinar a la agricultura como la actividad productiva que más demanda del agua supone a nivel mundial, el riego para tierras destinadas a la agricultura representa el 70% de los recursos hídricos en el mundo jugando un rol fundamental en el desarrollo productivo de los países generando en la actualidad se dispongan de mejores procesos para el riego de las tierras destinadas a la agricultura. El agua que se utiliza para el riego proviene de fuentes naturales como lluvia, lagos y ríos, recursos que deben de ser utilizados de forma responsable debido a que el agua superficial se presenta como un recurso limitado y para su utilización se requiere de la construcción de embalses y presas para su explotación generando un significativo impacto ambiental. El Ecuador se presenta como uno de los países más ricos en agua de la región, con un promedio de 43 500 m^3 por habitante al año. El Concejo Nacional de Recursos Hídricos del Ecuador ha dado en concesión alrededor del 37% del recurso, pero dentro del medio nacional el nivel de tecnificación del riego es muy bajo, por no exponer que este en si es mínimo, siendo el

caso de que solo 20 de cada 100 hectáreas utilizan sistemas de riego por aspersión y apenas 2 de cada 100 usan goteo (Veronica, 2013).

2.2 Los sistemas de riego

Los sistemas de riego ofrecen una serie de alternativas que posibilitan optimizar el uso del agua disponible. Aplicar cualquier sistema de riego constituye someterse a un estudio previo y así determinar si es el sistema más idóneo, tomando a consideración el tipo de vegetación, hasta la forma de distribuir el agua para obtener el mejor rendimiento. Existen varios sistemas de riego que brindan facilidad y comodidad los cuales se encuentran en permanente revisión, tratándose de una tecnología que se ha ido desarrollando en conjunto con el avance de la sociedad, las zonas verdes han pasado de ser un lujo a una necesidad y el riego es la operación más importante para conservarlas.

2.2.1 Métodos de riego

Los métodos de riego pueden clasificarse del siguiente modo

- Riego de superficie, o por gravedad, comprendiendo el riego por inundación, en canteros tradicionales y surcos cortos o en canteros con nivelado de precisión, el riego por sumersión en canteros para arroz, el riego por infiltración en surcos o en fajas y el riego por escorrentía libre.
- Riego por aspersión, con sistemas estáticos y disposición en cuadrícula, fija o móvil, con sistemas móviles de cañón o ala sobre carro tirada por enrollador o por cable, y sistemas de lateral móvil, pivotante o de desplazamiento lineal.
- Riego localizado o micro riego comprendiendo el riego por goteo, por difusores o por tubos perforados o porosos la micro-aspersión y el riego sub-superficial por tubos perforados y tubos porosos (Jimenez, 2016).

2.3 Riego por Aspersión

El riego por aspersión es un método mediante el cual el agua se aplica sobre la totalidad de la superficie del suelo en forma de lluvia, utilizando para ello una red de riego que permite conducir el agua con la presión adecuada hasta los elementos encargados de aplicarla, los aspersores. La red de distribución del agua está formada por conducciones cerradas que llevan el agua a presión hasta los aspersores; el agua sale de ellos a gran velocidad y cae en forma de lluvia sobre el terreno, donde se infiltrará pasando desde la superficie del suelo hasta capas cada vez más

profundas, quedando así a disposición del cultivo. La cantidad de agua que se infiltra, será más o menos homogénea según sean las características físicas del suelo y las propias características de funcionamiento de los aspersores.

Figura 1-2: Riego por aspersión

Fuente: (Casillas, 1997)

2.4 Elementos principales del sistema de riego por aspersión

Los principales elementos con los que cuenta este sistema de riego son los siguientes:

- **Sistema de bombeo:** Su función es la de proporcionar agua y presión a todo el sistema de riego.
- **Red de tuberías:** Sirven para llevar agua a los hidrantes, transportan agua desde el sistema de elevación hasta las tuberías secundarias y los ramales.
- **Aspersores:** Son los elementos del sistema de riego encargados de distribuir el agua en forma de lluvia.
- **Depósito de agua:** Es el elemento encargado de almacenar agua para uno o varios riegos, siendo también, el punto de conexión entre agua sin presión y el sistema de presión. (Carlos, 2016)

En un sistema de riego por aspersión bien diseñado no debe producirse escorrentía, es decir, cada gota de agua debe infiltrarse en el mismo punto donde cae. Además, el tamaño de las gotas producidas por los aspersores debe ser tal que no provoque erosión al caer al suelo. Cuanto mayor sea el tamaño de la gota, con mayor energía llegará al suelo y en consecuencia la erosión podrá ser mayor. Una vez que el agua ha salido por el aspersor queda fuera de control y de las condiciones climáticas. El viento es el elemento que tiene mayor influencia en la distorsión del chorro de agua pulverizada haciendo que el agua se distribuya irregularmente sobre el suelo, lo

que repercute disminuyendo la uniformidad de aplicación del agua y por tanto el desarrollo homogéneo del cultivo. También influye en la cantidad de agua que llega al suelo la evaporación directa en situaciones de ambiente muy cálido y seco, ya que las gotas de agua pueden evaporarse antes de llegar a caer al suelo. Aunque estas pérdidas de agua no suelen ser muy importantes, es conveniente tener en cuenta el tamaño de la gota puesto que cuando son muy pequeñas se evaporan fácilmente. Las pérdidas por evaporación afectan más a la uniformidad de aplicación que al rendimiento del sistema de riego (Belen, 2012).

2.5 Ventajas e inconvenientes del riego por aspersión

2.5.1 Ventajas del método

Las ventajas del riego por aspersión se fundamentan principalmente en dos aspectos: uno el control del riego, sólo está limitado por las condiciones climáticas y dos la uniformidad de aplicación del agua es independiente de las características del suelo.

- Permite regar terrenos ondulados o poco uniformes sin necesidad de una nivelación o preparación previa del mismo, al contrario de lo que ocurre en riego por superficie.

- Se aprovecha más la superficie de cultivo ya que no hay que destinar parte del suelo a canales y acequias. Además, el riego por aspersión puede ser utilizado en una gran variedad de suelos, incluso en terrenos muy ligeros o de textura arenosa que exigen riegos cortos y frecuentes.
- Es un método de riego que se adapta muy bien a las primeras fases de desarrollo de los cultivos, sobre todo durante la germinación de las semillas, donde son necesarios riegos ligeros pero frecuentes, esto ocurre en algunos cultivos tales como zanahoria, remolacha, etc. También es un método muy útil para dar riegos de socorro y especialmente eficaz en la lucha contra heladas.

Figura 2-2: Fases de desarrollo del cultivo
Fuente: (Casillas, 1997)

- Es el método de riego ideal para realizar un lavado de sales, ya que tienden a desplazarse junto con el agua hasta capas profundas del suelo quedando fuera del alcance de las raíces.
- Hay una mayor posibilidad de mecanización de los cultivos, ya que se eliminan los obstáculos propios del riego por superficie. Únicamente en el caso de sistemas con tuberías en superficie durante la campaña de riegos dificultaría esta mecanización.
- Posibilita la aplicación junto con el agua de riego de sustancias fertilizantes y algunos tratamientos químicos y permite cierto grado de automatización.
- Se adapta a la rotación de los cultivos, siempre y cuando el diseño de la red de distribución se realice para el cultivo que tenga mayores necesidades de agua.

2.5.2 Inconvenientes del sistema

- El principal inconveniente del riego por aspersión es de carácter económico, dependiendo del tipo de sistema que se implante podrá hacer falta una gran inversión inicial y/o de mantenimiento. A esto hay que añadirle el alto costo energético que supone el funcionamiento de la instalación, al necesitar importantes sistemas de bombeo para dotar a la red de la presión adecuada.
- El aporte de agua en forma de lluvia puede tener efectos negativos sobre algunos cultivos, ya que al humedecerse la parte aérea del cultivo aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades.
- El viento dificulta el reparto uniforme del agua haciendo disminuir la uniformidad de aplicación y la eficiencia del sistema de riego (Danilo, 2002)

2.6 Red de distribución

Las parcelas de riego suelen dividirse, según su forma y tamaño en una o varias unidades de riego denominándose así aquellas zonas que se riegan de una sola vez. A su vez, las unidades de riego se pueden dividir en varias sub unidades de forma que se faciliten las operaciones de riego y el control del sistema. La red de distribución es el conjunto de tuberías que llevan el agua desde la toma de agua en la parcela hasta los aspersores sub unidades de riego. Está formada por la red principal o de alimentación que distribuye el agua por la parcela y los ramales de aspersión. En riego por aspersión es muy frecuente que los ramales de aspersión sean móviles y tomen agua desde diversos puntos distribuidos a lo largo de la tubería de alimentación, trasladándolos de un sitio a otro. Así, se van regando franjas de suelo de forma consecutiva hasta que se completa la totalidad de la parcela. (Carrazon, 2017)

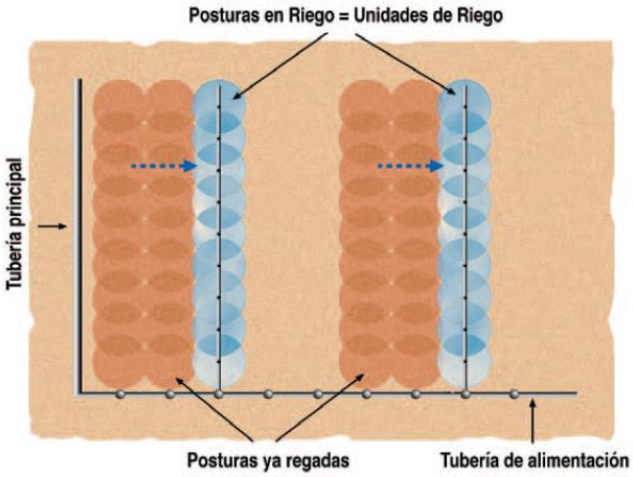


Figura 3-2: Posturas de riego en sistemas de aspersión

Fuente: (Carrazon, 2017)

En estos casos, la unidad de riego corresponde a la superficie asociada a cada ramal de aspersión y la operación de riego se denomina postura. Igualmente, al cambio del ramal de un sitio a otro se llama cambio de postura, y lo habitual es que se rieguen varias posturas simultáneamente para que el tiempo empleado en completar la parcela no sea demasiado largo.

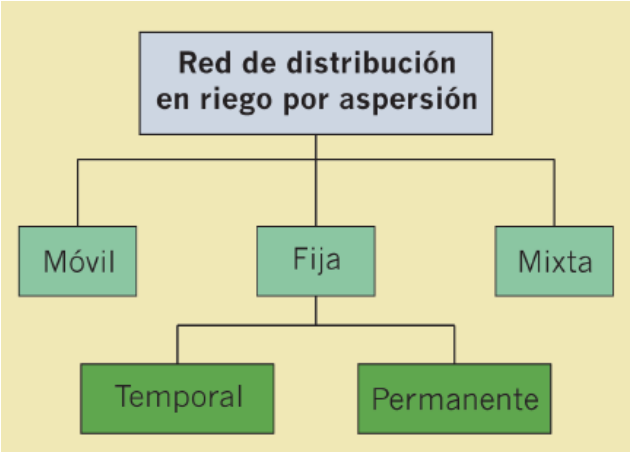


Figura 4-2: Red de distribución

Fuente: (Carrazon, 2017)

2.6.1 Red de distribución fija

Las tuberías abarcan la totalidad de la superficie que se vaya a regar. A su vez puede ser temporal (las tuberías se colocan sobre la superficie del suelo después de la siembra o plantación y se suelen quitar algo antes de la recolección. En muchas ocasiones la red puede ser un obstáculo para la mecanización y organización de los trabajos en la parcela) o permanente (las tuberías están permanentemente enterradas y sólo están sobre el suelo los tubos porta aspersores) (Javier, 2016)

Figura 5-2: Sistema de aspersión fijo temporal

Fuente: (Casillas, 1997)

Este tipo de red de distribución se justifica cuando por las características del suelo y/o del cultivo los riegos deben ser frecuentes.

2.6.2 Red de distribución móvil

Todas las tuberías de la red de distribución, tanto las correspondientes a la red principal como a los ramales de aspersión, se van trasladando a medida que se va regando. Este sistema está especialmente indicado cuando el suministro del agua es por medio de canales o acequias.

2.6.3 Red de distribución mixta

La red principal suele ser fija, estando las tuberías enterradas o sobre el suelo, mientras que los ramales de aspersión se van trasladando de una postura de riego a otra. Como es lógico, cuanto más fija sea la red de distribución más se encarecerá la inversión inicial pero menores serán los costes de explotación del sistema. (Macías, 2018)

2.7 Características de las tuberías

2.7.1 Tuberías para sistemas móviles

Han de ser de materiales ligeros, siendo los más frecuentes el aluminio y acero galvanizado, aunque también se utilizan de PVC y polietileno. Cuando se utilizan tuberías metálicas, éstas suelen tener una longitud de 3, 6 (lo más usual), 9 o 12 metros, y se unen entre sí mediante distintos dispositivos teniendo en cuenta que las uniones deben cumplir las siguientes condiciones**:**

- Deben poder realizarse con rapidez.
- Deben ser estancas, es decir deben evitar cualquier fuga de agua.

- Deben permitir una cierta holgura para que los elementos consecutivos puedan formar un pequeño ángulo y se adapten a la superficie del terreno.

Los diámetros de las tuberías de los ramales de aspersión suelen oscilar entre 2 y 6 pulgadas (50 - 150 milímetros) y pueden soportar presiones en torno a los 10 (kg/cm^2). Normalmente son de aluminio, material ligero y resistente a la corrosión, aunque menos resistente a los choques y golpes que el acero galvanizado. La unión de los tubos que integran un ramal se realiza mediante un sistema de acoplamiento rápido por medio de uniones mecánicas o hidráulicas (Armando, 2014)

2.7.2 Uniones mecánicas

La estanqueidad se consigue comprimiendo un aro de goma situado entre los extremos de los dos tubos contiguos a través de un cierre de palancas que los une fuertemente.

2.7.3 Uniones hidráulicas

La estanqueidad se consigue mediante una junta de doble labio (en forma de U). La presión del agua actúa sobre los dos labios de la U apretando uno de ellos contra el extremo macho y el otro contra el extremo hembra, siendo suficientemente estanca cuando dicha presión supera los 0,5 “kilos”. Dispone de un cierre o pestillo que evita que la presión separe los tubos permitiéndoles además una cierta holgura.

Figura 6-2: Unión hidráulica entre dos ramales de aspersión

Fuente: (Alamo, 2008)

2.7.4 Las tuberías de PVC

Son muy ligeras, tienen baja rugosidad y permiten un fácil montaje y reparación. Sin embargo, son muy frágiles, por lo que unido a su deterioro por la acción de la luz solar suelen instalarse enterradas. Los diámetros más normales de uso están comprendidos entre 25 y 300 milímetros y suelen estar constituidas por tubos de 5 a 9 metros de longitud unidos con un pegamento especial.

2.7.5 Las tuberías de polietileno

Son flexibles lo que permite su manejo en rollos con grandes longitudes de tuberías (50 - 200 metros). Están indicadas para pequeños diámetros (16 - 200 mm), siendo las uniones más usadas las de tipo manguito. Las principales características de las tuberías de polietileno son poseer una gran flexibilidad, facilidad de montaje, bajo número de juntas y gran resistencia a las cargas. Debido a su alto precio, se suelen utilizar sólo en diámetros pequeños y para riegos donde no sea frecuente el movimiento de los ramales de aspersión.

2.7.6 Tuberías para sistemas fijos

Se emplea principalmente PVC, fibrocemento, acero, fundición, hormigón y plástico, siendo en la actualidad los materiales más utilizados el fibrocemento y PVC. Las tuberías de fibrocemento presentan ventajas tales como su menor coste para diámetros intermedios (200 - 400 mm), gran resistencia a agentes físicos y algunos químicos, baja rugosidad, no se suelen formar incrustaciones, cierta flexibilidad en las uniones y fácil reparación. Como inconvenientes destacan su gran fragilidad, por lo que se debe de extremar el cuidado en el transporte y la puesta en obra; además, desde el punto de vista económico, resultan competitivas para diámetros muy grandes (Rene, 2014)

2.8 Aspersores y distribución del agua

Los aspersores son los elementos de la instalación de riego por aspersión encargados de distribuir el agua en forma de lluvia sobre la superficie del suelo. Son elementos provistos de una o más boquillas montadas sobre un cuerpo central, por las que sale el agua a presión. El movimiento giratorio del aspersor es provocado por la presión del agua que, al salir, se dispersa en forma de gotas mojando una superficie más o menos circular, cuyo alcance depende de la presión del agua y del tipo de aspersor**.**

La distribución del agua sobre la superficie regada por un aspersor no es uniforme, por lo que para conseguir la mayor uniformidad posible han de disponerse los aspersores lo suficientemente próximos entre sí de tal forma que se produzca un solape entre ellos**.** (Yépez, 2015)

2.9 Tipos de aspersores

En general, los diferentes tipos de aspersores pueden agruparse atendiendo a distintos aspectos, según el mecanismo de giro se clasifican en:

2.9.1 Aspersores de impacto

Son los más utilizados en agricultura. El giro se consigue mediante el impulso del chorro del agua sobre un brazo oscilante que se desplaza y vuelve a su posición inicial gracias a un muelle recuperador. Cuando el brazo vuelve a su posición original, golpea el cuerpo del aspersor provocando un ligero giro del mismo. La velocidad de giro es relativamente pequeña, por lo que se les considera aspersores de giro lento**.**

Figura 7-2: Aspersor circular de impacto

Fuente: (Yépez, 2015)

Los aspersores de impacto pueden disponer de una o varias boquillas, una de las cuales, denominada boquilla motriz, producen el chorro que impacta sobre el brazo móvil. El material utilizado en su construcción es latón o bronce, aunque también se fabrican de plástico de alta resistencia al desgaste por rozamiento**.** (Yépez, 2015)

2.9.2 Aspersores de turbina o engranaje

Su giro es continúo empleando la presión del agua a su paso por un mecanismo de engranajes que va unido al cuerpo del aspersor. En general son aspersores de gran tamaño que trabajan con altas presiones y suministran caudales elevados. Su uso está bastante limitado en agricultura, estando más difundidos en jardinería.

Figura 8-2: Aspersor emergente de turbina o engranajes

Fuente: (Tarjuelo, 1991)

2.9.3 Aspersores rotativos o de reacción

Poseen una o varias boquillas orientadas de forma que la reacción al cambio de dirección del movimiento del agua produce la rotación del aspersor. Su uso es muy frecuente en jardinería, horticultura, viveros, etc. pero no son utilizados en agricultura extensiva.

2.9.4 Según el área mojada se clasifican en

2.9.4.1 Aspersores circulares

Son aquellos que mojan una superficie de terreno de forma circular. Son de este tipo los que se colocan en el interior de la parcela a regar.

2.9.4.2 Aspersores sectoriales

Son aquellos que tienen la opción de girar sólo en un sector circular en lugar de realizar el círculo completo. Están indicados especialmente en los bordes de las parcelas donde es preciso regar esquinas y laterales. Están dotados de un tope que se gradúa dependiendo de la zona a regar, el cual provoca el retorno del aspersor y su giro en sentido contrario. Actualmente existen en el mercado aspersores sectoriales con un ángulo de trabajo ya preestablecido (90º, 180º, 270º, etc.) y otros en los que el giro se regula de 0º a 360º**.**

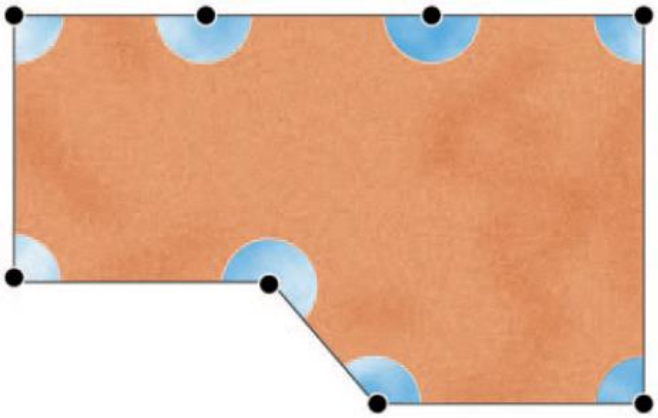


Figura 9-2: Disposición típica de los aspersores sectoriales

Fuente: (Tarjuelo, 1991)

2.9.5 Según la presión de trabajo se clasifican en:

2.9.5.1 De baja presión

Los más usuales son los de impacto, que suelen trabajar a presiones menores de 2,5 kg/cm^2. Por lo general tienen una sola boquilla de un diámetro de salida inferior a 4 milímetros y generan un caudal inferior a 1000 litros/hora**.** Suelen utilizarse en jardinería y para riegos de hortalizas, siendo también eficaces para riego de frutales donde se usan aspersores con un reducido ángulo de salida para no mojar la copa de los árboles. Son muy adecuados para marcos de riego rectangulares o en cuadrado con una separación de 12 metros; para marcos triangulares la separación más utilizada es de 15 metros (Fernado, 2014)

2.9.5.2 De media presión

Son aspersores que trabajan a una presión comprendida entre 2,5 y 4 kg/cm^2, $s$uelen llevar una o dos boquillas con un diámetro comprendido entre 4 y 7 milímetros, pudiendo suministrar caudales entre 1000 y 6000 litros/hora, se utilizan en marcos desde 12x12 metros a 24x24 metros, lo que indica que el alcance del aspersor puede variar de 12 a 24 metros.

2.9.5.3 De alta presión

Son aspersores cuya presión de funcionamiento es superior a los 4 kg/cm^2, son de gran tamaño, más conocidos como “cañones” y pueden tener una, dos o tres boquillas. El caudal del aspersor puede variar entre 6 000 y 40 000 litros/hora, aunque los grandes cañones pueden llegar a los 200 000 litros/hora.

2.10 Distribución del agua sobre el suelo

El proceso de distribución del agua aplicada por cada aspersor no es uniforme en toda la superficie regada por él, sino que la cantidad de agua que cae en cada sitio varía en función de la distancia al aspersor. En general, la zona más próxima al aspersor recibe más cantidad de agua, disminuyendo a medida que aumenta la distancia. Cada tipo de aspersor origina una distribución del agua que depende principalmente del tamaño de la boquilla, de la dispersión del chorro del agua, de la presión de trabajo y de las condiciones de viento.

La presión afecta de tal manera que cuando es demasiado baja, las gotas son demasiados grandes y la distribución es muy poco uniforme. Cuando la presión es demasiado alta, el agua se pulveriza en gotas muy finas y caen muy cerca del aspersor. (Jimenez, 2016)

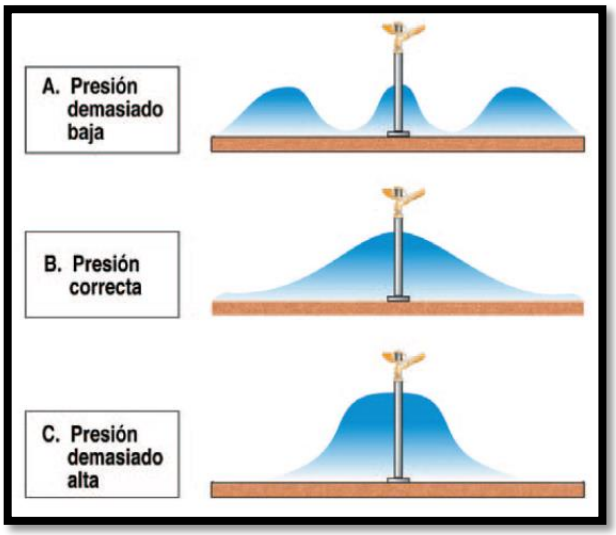


Figura 10-2: Disposición típica de los aspersores sectoriales

Fuente: (Veronica, 2013)

El viento es uno de los principales elementos que distorsiona el perfil de distribución del aspersor, de tal forma que a mayor velocidad del viento mayor distorsión del chorro de agua. Por ello es muy útil conocer los vientos dominantes de la zona a la hora de seleccionar el marco de riego, distancia que existe entre dos aspersores contiguos del mismo ramal de aspersión y entre dos ramales. Para lograr una mayor uniformidad de aplicación de la lluvia provocada por los aspersores es necesario que exista un solape de las superficies regadas por los aspersores cercanos entre sí. Por esta razón, la elección del marco de riego es fundamental. Los marcos de riego más habituales son: marco cuadrado o real, en rectángulo y en triángulo o tresbolillo. (Armando, 2011)

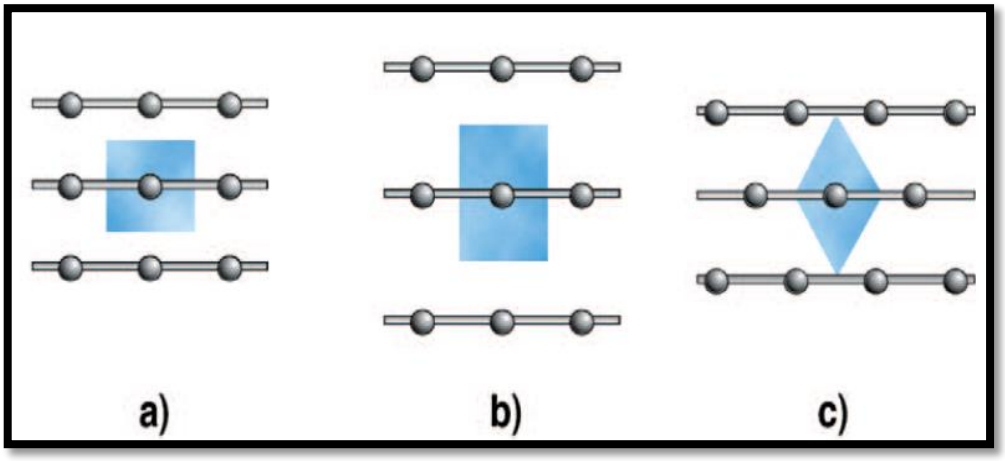


Figura 11-2: Disposición de aspersores

Fuente: (Morales, 2010 pág. 20)

Los siguientes valores de separación entre aspersores y ramales de aspersión son los más recomendados para cada tipo de marco de riego:

- En disposiciones o marcos en cuadrado y triangular (tresbolillo), la separación entre los aspersores y ramales de aspersión debe ser el 60 % del diámetro mojado.
- En disposiciones o marcos rectangulares la separación entre ramales debe ser el 75 % del diámetro mojado y el 40 % del diámetro entre aspersores de un ramal.

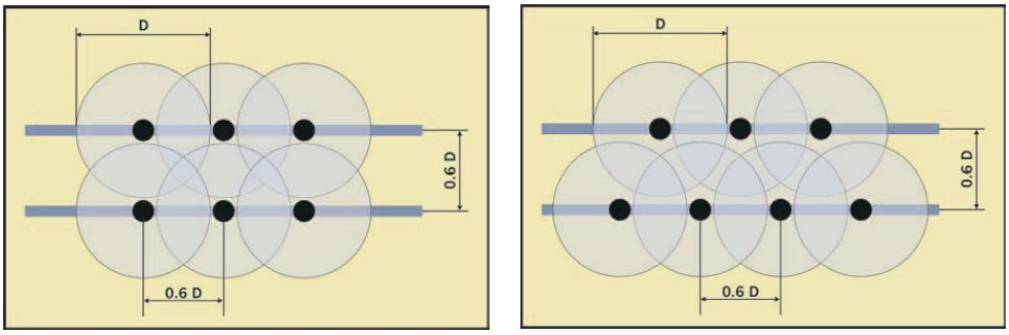


Figura 12-2: Formas de distribución para los aspersores

Fuente: (Armando, 2011)

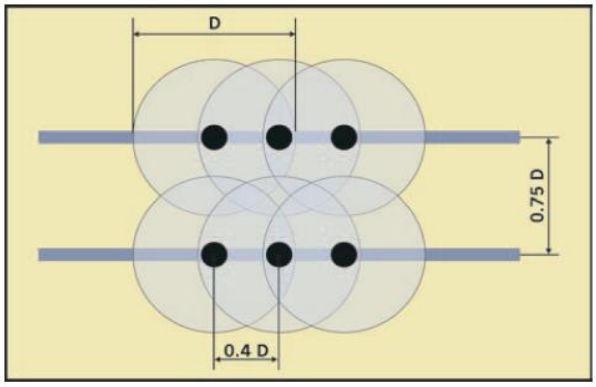


Figura 13-2: Separación recomendada entre aspersores

Fuente: (Armando, 2011)

2.11 Criterios para su elección

Para elegir un tipo de sistema de riego u otro, se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Actualmente se tiende a utilizar sistemas de baja presión que permitan el riego nocturno (por menor evaporación, velocidad del viento y coste energético) y sean de fácil manejo y automatización. En caso de grandes superficies, el "pívot" es el sistema que mejor se adapta.
- Cuando el tamaño de la parcela es pequeño o bien de forma irregular, los mejores sistemas que se adaptan son los fijos.
- La tendencia a utilizar los sistemas semifijos cada vez es menor debido a que, aunque la inversión inicial es inferior que, en los sistemas fijos, las necesidades en mano de obra son elevadas.
- Los laterales de avance frontal ("rangers") son muy adecuados para parcelas rectangulares de gran longitud, consiguiéndose una alta uniformidad de riego con baja presión, pero requieren mayor inversión que los "pívots" y un manejo más complicado.
- El sistema "pívot", debido a su movilidad, adaptabilidad a diferentes condiciones de parcelas y cultivos y a la utilización de bajas presiones, está sustituyendo en gran medida a los cañones de riego. Sin embargo, éstos requieren menor inversión que los "pívots" y son de más fácil manejo y mantenimiento (Morales, 2010)

2.12 Criterios de diseño del riego por aspersión

El diseño de una instalación de riego por aspersión es de gran importancia porque permitirá conocer la capacidad del sistema y su adaptación para el riego de determinados cultivos. El proceso de diseño de una instalación de riego por aspersión comienza reuniendo información de tipo agronómico acerca del tipo de suelo, cantidad y calidad de agua, clima y cultivos, así como sobre la topografía y dimensiones de la zona a regar. También habrá que considerar la capacidad del agricultor para soportar el coste de la instalación y su explotación, la viabilidad para realizar las técnicas de cultivo, y la posibilidad de formación para el manejo de la instalación. Con toda esta información se definirán las características generales del sistema y se procederá a la planificación y el cálculo hidráulico (diámetros de tuberías, caudales, presiones, características del sistema de bombeo, etc.), de acuerdo con las limitaciones de tipo económico, de mano de obra y del entorno.

Aunque sea una división muy artificial y demasiado esquemática, se pueden considerar dos fases en el proceso de diseño: el diseño agronómico, con el que se determina la cantidad de agua que

requiere el cultivo en las épocas de máximas necesidades, el tiempo de riego y el diseño hidráulico que permitirá determinar las dimensiones de los componentes de la instalación, de forma que se pueda suministrar el agua necesaria en épocas de máxima necesidad. (Peñafiel, 2009)

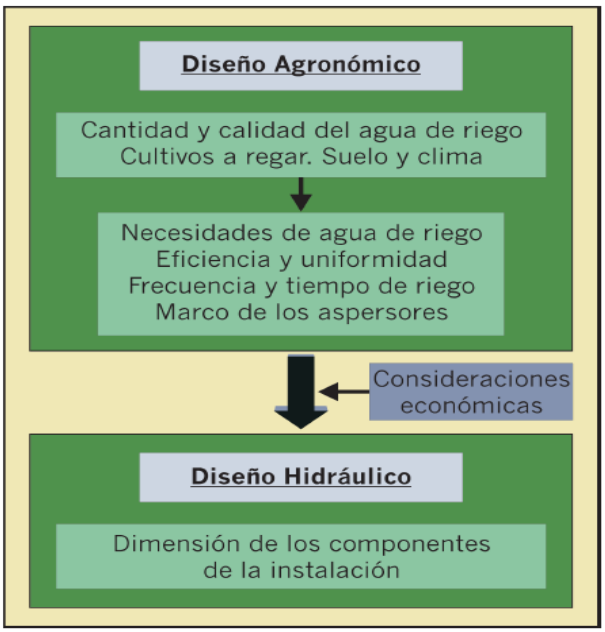


Figura 14-2: Esquema de diseño

Fuente: (FUNDAMENTOS, 2007)

Es una de las actividades complejas que requiere ser realizada con mucha precaución, donde será conveniente que intervengan técnicos con la cualificación necesaria igualmente, será preciso que el agricultor conozca unos criterios generales y tenga una idea global del proceso de diseño, de manera que facilite información al proyectista eficazmente y pueda participar con mayor conocimiento y mayor exigencia en la toma conjunta de decisiones.

2.13 Diseño agronómico

2.13.1 Necesidades de riego

El cultivo consume agua para poder desarrollarse adecuadamente, lo que permitirá obtener altas producciones y calidades. Las necesidades de agua de los cultivos se consideran representadas por la evapotranspiración (ET), que incluye por una parte el agua que los cultivos extraen del suelo a través de las raíces y pasa a la atmósfera a través de las hojas, y por otra la evaporación directa desde el suelo. (FUNDAMENTOS, 2007)

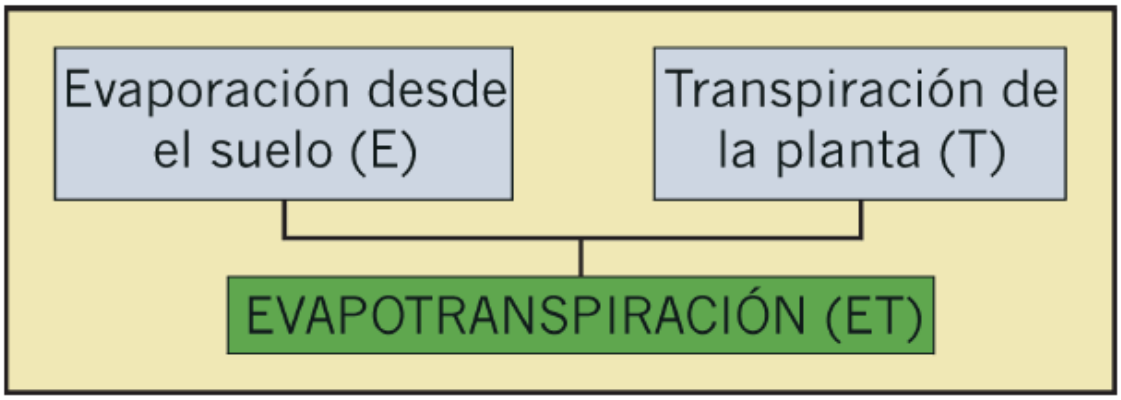


Figura 15-2: Diagrama de las necesidades de riego

Fuente: (FUNDAMENTOS, 2007)

El cálculo de la evapotranspiración se realiza a partir de la denominada evapotranspiración de referencia (ETr), que recoge principalmente la influencia del clima, y del coeficiente de cultivo (Kc) que depende de cada cultivo y su estado de desarrollo.

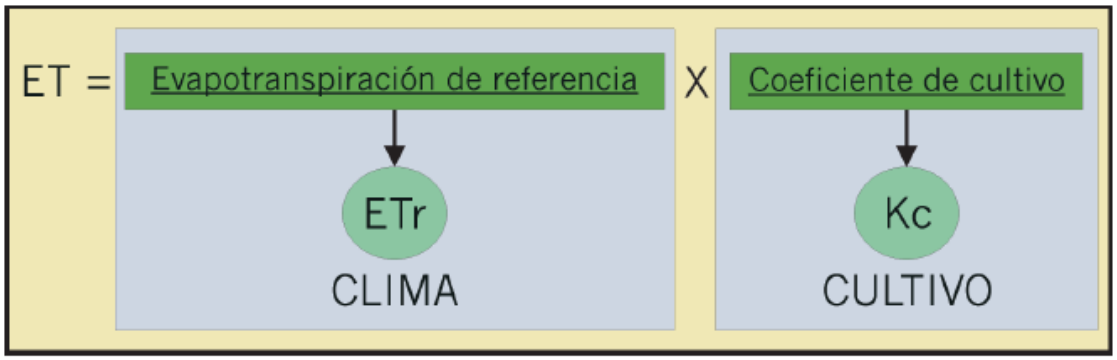


Figura 16-2: Representación esquemática del cálculo de la Evapotranspiración (ET)

Fuente: (FUNDAMENTOS, 2007)

Los valores de evapotranspiración de referencia (ETr) se dan en milímetros al día (mm/día) y normalmente proceden de valores medios mensuales. Sin embargo, habrá días o grupos de días en los que los valores de ETr serán mayores que estas medias mensuales, y por tanto serán mayores las necesidades de riego. La instalación de riego deberá suministrar a los cultivos el agua correspondiente a las necesidades de riego en los periodos en que dichas necesidades son máximas. Por esto, para el diseño de las instalaciones de riego por aspersión, los valores de ETr procedentes de medias mensuales deben multiplicarse por 1,15 cuando se piense regar cada seis o diez días en plena campaña de riego, que será en general una buena práctica. Si se dispone de valores de ETr procedentes de medias de 10 días, podrán utilizarse directamente con fines de diseño.

Con la instalación de riego tendrán que regarse los diferentes cultivos que en el mismo año o en años diferentes se quieran implantar, para el cálculo de la instalación debe considerarse la ETr en cada mes multiplicada por 1,15, y los coeficientes de cultivo (Kc) para cada cultivo y fase de desarrollo. Se calcularán así numerosos valores de ET y se elegirá el mayor de los obtenidos para el diseño de la instalación de riego. Este valor máximo de ET se denomina evapotranspiración de diseño (ETd). (Jimenez, 2016 pág. 90)

La ET de diseño representa las necesidades netas de riego máximas, esto es, la cantidad de agua que necesita el cultivo para no disminuir su desarrollo en periodos de máxima necesidad. Es fundamental que el cultivo esté bien suministrado de agua en estos periodos para obtener la máxima producción. Una vez obtenidas las necesidades netas de riego, será preciso obtener las necesidades brutas de riego, es decir, la cantidad de agua que hay que aplicar para que, restando las pérdidas que se ocasionan durante el riego (principalmente la escorrentía y la filtración profunda) el cultivo disponga de la que necesita. Para calcular las necesidades brutas basta dividir las necesidades netas de riego entre la eficiencia de aplicación del riego:

$$\text{Necesidades Brutas} = \frac{\text{Necesidades netas de riego}}{\text{Eficiencia de aplicación}} * 100$$

2.14 Producción del cultivo del pasto

Las condiciones de humedad del suelo durante el periodo de época lluviosa, fueron favorables para el desarrollo y producción del pasto, produciendo una mayor respuesta de las aplicaciones de fertilizantes especialmente nitrogenados. Lo contrario se observó en época seca, disminuyendo apreciablemente su rendimiento, la producción del pasto varía a lo largo del año con un máximo en primavera, que supone el 70% de la producción, y otro máximo en otoño (con el 20%), la Digestibilidad de la Materia Orgánica (DMO) es alta al comienzo de la primavera para luego decrecer cuando la formación de tallos aumenta. Mientras la proteína bruta disminuye de forma uniforme, la digestibilidad lo hace lentamente hasta unos 10 días antes de la emergencia de las espigas (mediados de mayo). Luego puede ser de 0,3-0,6 puntos por día. En el rebrote, ésta es algo menor y el contenido en proteína es más estable, aunque con niveles más bajos. La digestibilidad de los rebrotes en el pastoreo se mantiene bastante constante, aunque al final disminuye, dependiendo del manejo. Con terneros en pastoreo rotacional, de marzo a julio, se pudo mantener la DMO del pasto durante los primeros 80 días, en un 67%, para bajar al 61,5% en los 20 últimos días y al 60% en los 10 últimos días. En un pasto bien estructurado la ingestión máxima se produce cuando la altura es de 15 cm, cuando la materia seca por hectárea de un prado

pasa de 3 000 a 500 kg la ingestión se reduce hasta cuatro veces. Los animales más pequeños son más sensibles a la cantidad de pasto, con terneros de 90 kg se obtuvieron reducciones de 240 g/d en las ganancias de peso al pasar el pasto en oferta de 2,09 a 1,92 t de materia orgánica/ha.

Las ganancias de peso vivo pueden estar más relacionadas con la cantidad de pasto rechazado que con el ofertado. La hierba sobrante no deberá bajar de los 2 000 kg de materia seca por hectárea y la altura del rechazo post-pastoreo no debe ser menor de 8 cm, si no se quieren ver restringidas la ingestión y las ganancias de peso (Sebastian, 2017)

Figura 17-2: Pastizales

Fuente: (Peñafiel, 2009 pág. 24)

2.15 Tipos de suelo

Gracias a la erosión de la tierra y a la actividad de los seres vivos la corteza exterior de la tierra se ha convertido en lo que conocemos como suelo, que constituye la base fundamental para el crecimiento de las plantas. El tipo de sustrato, la estructura y el abono juegan un papel esencial en el desarrollo de las especies que poblarán el jardín. De hecho, dependiendo del suelo, así elegiremos unas variedades u otras. En realidad, la mayoría de plantas pueden crecer en cualquier parte, sólo que algunas están más a gusto en unos terrenos que en otros.

El suelo constituye la base principal sobre la que se asienta una planta y si un ejemplar no está en su sitio adecuado nos lo hará saber en un futuro no muy lejano. Normalmente, esa planta crece y florece peor que otra de la misma variedad que sí se encuentra en el lugar apropiado. No obstante, cuando compramos una planta que no resulta muy acertada para el tipo de suelo del jardín, siempre es posible adaptar la tierra a las necesidades de la nueva adquisición. Por ello, todo jardinero deberá conocer el tipo de terreno antes de llevar a cabo el cultivo.

Tabla 1-2: Capacidad de infiltración

Tipo de suelo	mm/hora
Arenoso	>30
Franco Arenoso	20-30
Franco	10 a 20
Franco Arcilloso	5 a 10
Arcilloso	1 a 5

Fuente: (Alamo, 2008)

Realizado por: Autores, 2019

2.16 Diseño Hidráulico

Con el diseño hidráulico se determinarán las dimensiones de todos los componentes de la instalación de riego, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus fases de desarrollo; otro objetivo es conseguir que la aplicación del agua en forma de lluvia sobre el suelo sea suficientemente uniforme. Con todo ello se podrán obtener buenas producciones con el menor gasto de agua (Moscoso, 2009 pág. 38).

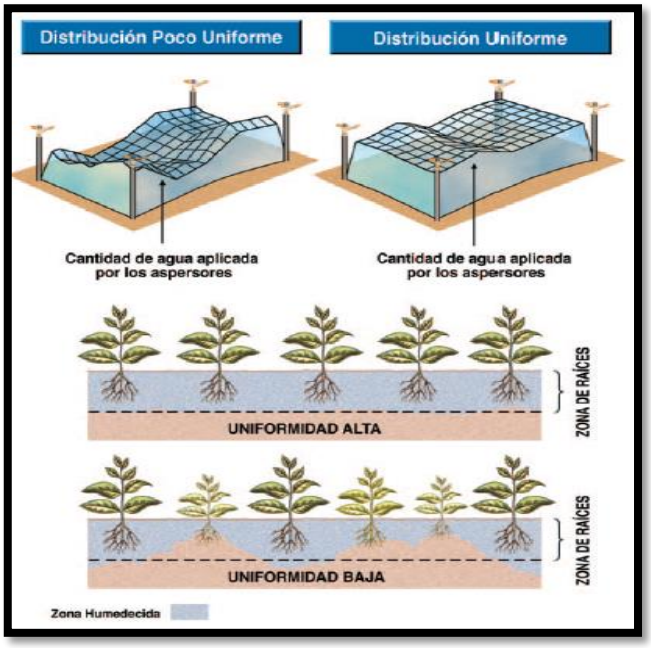


Figura 18-2: La uniformidad de distribución

Fuente: (Talens, 2009)

sin embargo, hacer una importante anotación al valor de uniformidad de aplicación que se utilizará en el proceso de diseño hay que elegirlo previamente. Hay que tener en cuenta que, optando por una uniformidad alta, se estará eligiendo una instalación de riego que ahorrará agua e incrementará la producción de los cultivos, lo que siempre es necesario. Pero también será mayor el coste de la instalación ya que las presiones deberán ser más uniformes, mayores los diámetros de tuberías, se necesitará mayor longitud de tuberías, serán necesarios reguladores de presión, etc. Así pues, habrá que llegar a un equilibrio eligiendo una uniformidad lo suficientemente elevada que permita aprovechar el agua al tiempo que se obtienen buenas producciones, sin que el coste sea excesivo. En cualquier caso, el Coeficiente de Uniformidad (CU) elegido deberá ser mayor o igual que 75 %, para lograr una buena aplicación del agua será necesario que la presión en todos los aspersores a lo largo del ramal de aspersión sea similar, como ya se ha comentado anteriormente, el agua perderá presión a su paso por las tuberías, en las conexiones, piezas especiales, lo que se conoce como pérdida de carga. También se perderá presión si la tubería es ascendente, mientras la ganará si es descendente. Debido a las pérdidas de carga y a las pendientes, se producirá una diferencia de presión entre los diferentes ramales porta aspersores colocados a lo largo de una tubería secundaria y entre distintos aspersores de un mismo ramal. (Talens, 2009)

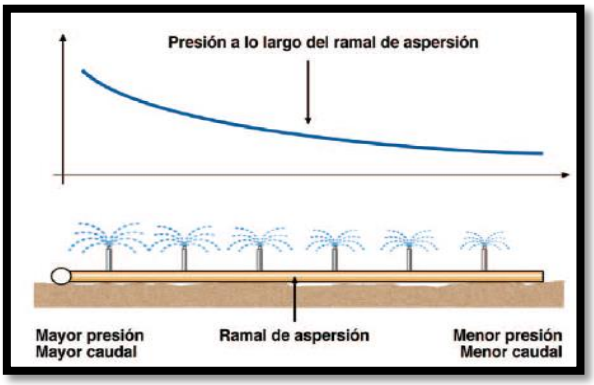


Figura 19-2: Pérdida de presión.

Fuente: (Talens, 2009)

Para conseguir una buena uniformidad, es conveniente que la diferencia de caudal entre el aspersor que suministra menor cantidad de agua y el que más suministra no sea mayor que el 10% del caudal medio de todos los aspersores de ese ramal.

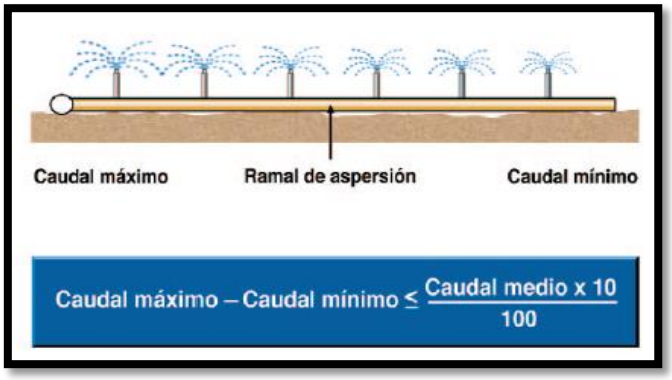


Figura 20-2: Uniformidad de caudales

Fuente: (Ramos Patricio & Baez Dario, 2013)

Para que el caudal que suministran los aspersores sea suficientemente homogéneo, es conveniente que las diferencias de presión a lo largo de un ramal no sean mayores del 20 %. Para mantener las presiones y teniendo también en cuenta criterios económicos, en sistemas móviles se aconseja limitar la longitud de los ramales de aspersión a 200 metros. En sistemas de cobertura total la longitud recomendable de los ramales suele oscilar entre 120 y 150 metros. (Talens, 2009)

2.17 Fuente natural de agua

Los reservorios excavados almacenan gran parte del agua debajo del nivel original del suelo, se construye en terrenos relativamente planos y donde hay sitios adecuados para construir una represa puede llenar, tanto con el agua de escorrentía como por la infiltración de agua subterránea en la excavación.

Figura 21-2: Fuente natural de agua

Fuente: Los Autores

El diseño y construcción adecuados de los reservorios son indispensables para asegurar el éxito de estas obras, además de hacerlos más fáciles de cuidar, más seguros y económicos, en los aspectos constructivos del reservorio el punto más alto de la finca, de modo que el agua pueda llegar desde este punto hasta cualquier lugar de la propiedad. Sin embargo, no siempre es posible tener las condiciones adecuadas para lograr lo anterior. Debe tomarse en cuenta la topografía del terreno, la

textura del suelo, el destino donde se usará el agua y la disponibilidad de la fuente de agua; estos factores se detallan a continuación.

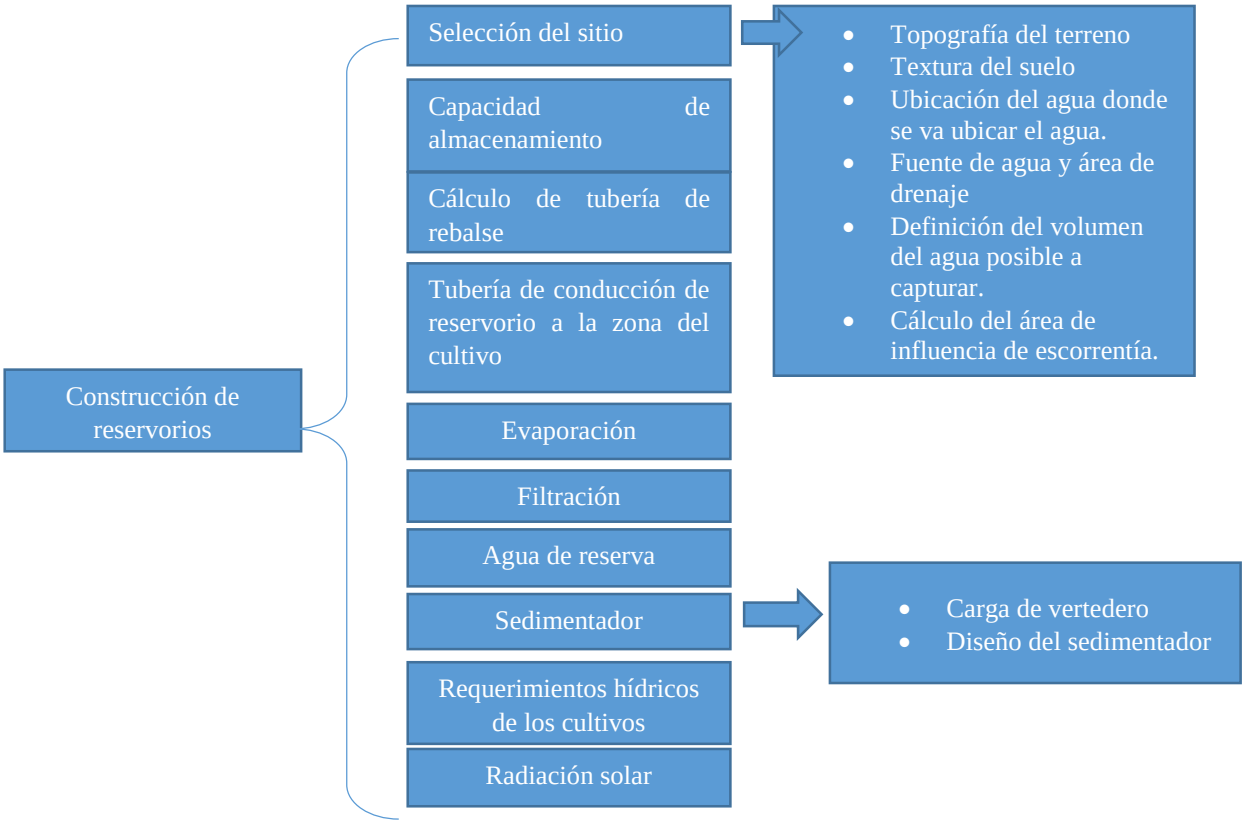


Figura 22-2: Elementos necesarios para reservorios naturales

Fuente: (Talens, 2009)

2.17.1 Fuente de agua y área de drenaje

Si el estanque se llena con agua de escorrentía, es preferible que ésta provenga de pastizales cercados, con buena cobertura, para reducir el arrastre de sedimentos. En caso que la cantidad de sedimentos arrastrados sea alta, puede construirse una caja de sedimentación a la entrada del embalse. Otra manera de contener los sedimentos es realizando prácticas de control de erosión en el terreno, como es el establecimiento de barreras de contorno, montículos en contorno o medias lunas, barreras vivas, entre otros

2.17.2 Sedimentador

El sedimentador sirve para la separación parcial de partículas sólidas suspendidas en un líquido por acción de la gravedad. Siempre que sea posible, es adecuado instalar a la entrada del reservorio, con el fin de evitar que muchas partículas entren al estanque, con su consecuente problema de acumulación en el fondo e, inclusive, contaminación de aguas y obstrucción de tuberías. Suele haber diferencias entre la sedimentación de partículas finas y gruesas, ya que, en el primer caso, se

producen interacciones importantes entre las partículas, que dan lugar a estados coloidales de difícil sedimentación. A la hora de elegir un sedimentador hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Caudal por tratar.
- Carga de sólidos y concentración.
- Superficie y altura.
- Carga superficial, que relaciona el flujo horizontal con la superficie.

Un sedimentador consta de los siguientes componentes:

a) **Zona de entrada:** Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.
b) **Zona de sedimentación:** Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es igual en todos los puntos.
c) **Zona de salida:** Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente, sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.
d) **Zona de recolección de lodos:** Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

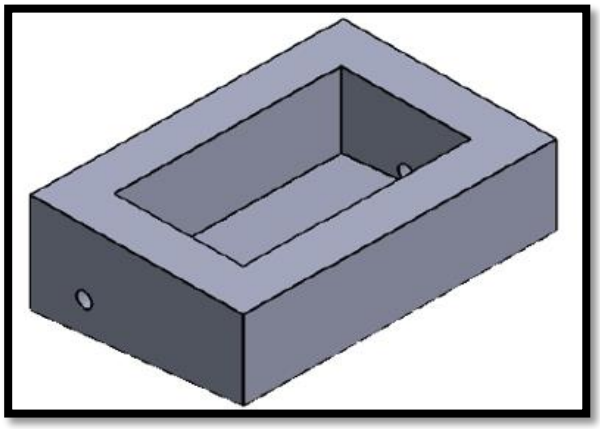


Figura 23-2: Desarenador

Fuente: Los Autores

2.17.3 Construcción de un reservorio

La construcción de un reservorio involucra básicamente dos tipos de diseños:

- **Estructural:** se refiere al sistema de muro (pantalla) que se va a utilizar como presa y cuya función es detener el cauce natural en una zona tras la cual se forma una represa (el estanque o piscina para almacenar agua). Este muro, dependiendo del tamaño de la represa,

especialmente, su altura o profundidad del reservorio, podrá ser desde lo más elemental (un tabique en madera o un muro armado en tierra o piedra) hasta una gran pantalla en concreto reforzado como se utiliza en las grandes represas para generación de energía.

- **Hidráulico:** determina las dimensiones requeridas para tuberías de conducción y manejo de los niveles de almacenamiento del agua. En esto es importante conocer los índices de lluvia propios de la zona donde se ubica la represa y disponer de sistemas de válvulas o vertederos, o combinaciones, para manejar el nivel del reservorio y evitar la sobrecarga de la presa.

CAPÍTULO III

3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.1 Tipo de investigación

El siguiente trabajo de titulación es completamente de campo esto se debe a que toda la investigación, recolección de información se obtuvo en el mismo sitio, en la Quinta "La Delicia" de la parroquia San Juan se aplica técnicas y métodos fundamentales que se describe a continuación, tomando en cuenta las variables independiente y dependiente que se requiere en el campo experimental.

- Observación directa para el diseño del sistema tecnificado de riego en la Quinta "La Delicia".
- Investigación aplicable a la búsqueda de conocimientos mediante técnicas y métodos.
- Exploratoria debido a que existen sistemas de riego instalados empíricamente sin un estudio previo.
- Investigación explicativa de forma que se describe el origen, motivos y causas por los cuales se emplean materiales y diseños.

3.2 Tipo de estudio

El tema de titulación "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS PARA OPTIMIZAR UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN LA QUINTA "LA DELICIA" (SAN JUAN, CANTÓN RIOBAMBA)."

3.2.1 Campo experimental

La investigación realizada se efectuó en la Quinta "La Delicia" mediante la visita al terreno, la observación del sistema actual en caso de existir y la aplicación de técnicas para el trabajo de campo y las respectivas mediciones.

3.2.2 Descriptiva

Estudio de los problemas existentes y la solución adecuada para el diseño de sistema tecnificado de riego por aspersión describiendo cada uno de los bloques del diseño.

3.3 Técnicas

3.3.1 Observación

Análisis del contexto que reúne un conjunto de resultados para evaluar el sistema a través de la observación directa la más adecuada y de uso frecuente por su fácil balance para dar un resultado inmediato.

3.3.2 Entrevista no planificada

Este tipo de técnica utiliza preguntas al azar que las realiza los autores al encargado o dueño de la quinta "La Delicia" que consiste en obtener respuestas y realizar preguntar a partir de la misma, diferente a las entrevistas comunes y planeadas que son preguntas planificadas obteniendo información no verídica.

3.3.3 Herramientas

Las herramientas secundarias más utilizadas para la obtención, recolección y registro de información.

- Diseños de diagramas.
- Fichas de observación.
- Herramientas menores

3.3.4 Población y muestra

El trabajo de titulación se aplicó en la Quinta "La Delicia", parroquia San Juan, cantón Riobamba en el periodo de octubre 2018-marzo 2019. El terreno a implementarse un sistema tecnificado de riego por aspersión tiene un área de 12174,65m^2 con la toma de 18 medidas lineales con las respectivas coordenadas en el sistema de referencia DATUM PSD WGS 84.

En la siguiente tabla 1-3 se muestra la toma de medidas con el respectivo cuadro de coordenadas de la quinta "La Delicia".

Tabla 1-3: Coordenadas topográficas del terreno

N.-	Coordenadas		Media (m)
1	745363,05	9819268,11	21
2	745334,02	9819304,08	26,65
3	745298,21	9819350,03	30,1
4	74586,04	9819360,15	6,51
5	745271,22	9819333,01	25,32
6	745270,17	9819271,06	25,94
7	745270,02	9819239,14	25,8
8	745259,05	9819212,17	29,37
9	745233,24	9819180,33	19,76
10	745218,08	9819166,21	20,72
11	745223,15	9819147,11	40,99
12	745249,03	9819161	29,12
13	745273,19	9819170,04	31,92
14	745296,05	9819182,31	61,96
15	745313,11	9819201,02	30,92
16	745318,14	9819230,02	15,83
17	745335,1	9819230,02	58,26
18	745348,28	9819253,18	46,22

Fuente: Los Autores

3.4 Diseño agronómico

Consisten en determinar la totalidad de requerimiento de agua para el terreno. La cantidad total de aspersores, así como el tiempo, dosis y frecuencia de riego, características básicas para el diseño del sistema tecnificado de riego por aspersión y una gestión de factibilidad del mismo.

Tabla 2-3: Parámetros básicos de un sistema de riego.

Parámetros agronómicos	Medida
Caudal disponible	l/s
Eficiencia de riego	%
Evapotranspiración del cultivo	mm/día
Evapotranspiración potencial	mm/día
Permisibilidad de agotamiento	%
Profundidad radicular efectiva	M
Densidad Ficticia	g/cc
Marchitez	%
Capacidad de campo	%
Índices	Unidad de medida
Tiempo de riego	horas
N# de riegos por mes	Riegos/mes
Frecuencia de riego	Días
Consumo diario	mm/día

Fuente: (Oscar Delgadillo & Luis Perez, 2016)

Realizado por: Los Autores, 2019

3.4.1 El diseño del sistema de riego por aspersión consiste

- Cálculo de las necesidades del cultivo
- Determinación de los parámetros de riego

3.4.2 Componentes para el sistema tecnificado por aspersión

- Tuberías de distribución
- Aspersores
- Accesorios

3.4.3 Condiciones para su instalación

- Cantidad de adecuada del recurso hídrico y uniformidad.
- Clima
- Características: suelo, infiltración, capacidad y retención.
- Costos

3.4.4 Descripción del sistema tecnificado de riego por aspersión

- Prolongación y forma del terreno.
- Longitud de ramales.
- Dirección de viento e hileras
- Topografía del terreno.

3.4.5 Condiciones de instalación

- En dirección de la pendiente deben colocarse las tuberías principales.
- Ramales deben colocarse perpendicular a la fuerza del viento.
- Evitar ramales de largas longitudes.

3.4.5.1 Se debe tomar en cuenta para el diseño los siguientes pasos que depende del técnico como ejecute el estudio de riego.

- **Cálculo de la dosis:** suelo y profundidad radicular
- **Precipitación máxima:** No debe producirse charcos.

3.5 Tipo de pendiente

- **Número de ramales. -** Se calcula en base al turno de riego y duración.
- **Número de aspersores. -** Se calcula a partir del área de terreno en cualquier distribución triangular, rectangular y cuadrada con una separación que va desde 6x6 [m] a 60x60 [m].

  Condición: <Separación < Caudal = gotas finas; Riego + regularidad

  Condición: >Separación >Caudal = gotas gruesas; Riego –regularidad
- **Caudal del aspersor y caudal total. -** El caudal del aspersor se realiza mediante la precipitación máxima y la separación de los aspersores, el caudal total se calcula con el número total de ramales.
- **Elección de aspersores. -** Presión, caudal que requiere el aspersor y radio de humedad.
- **Coeficiente de uniformidad. -** Diseño de ramales laterales: Presión por ramal, diferencia de presión entre dos aspersores en un ramal, debe ser >20% de la presión de trabajo del aspersor seleccionado.

3.6 Cropwat

El grupo de las Naciones Unidas actualmente mantiene sus instalaciones en Roma, que se dedica al estudio sobre la alimentación y la agricultura que es la Food and Agriculture Organization (FAO). Esta organización investigo las necesidades previas por el agricultor dando como un desarrollo de un programa que utiliza el método Penman Monteith para determinar el evo

transpiración de los cultivos y el calendario de riego, el programa se llama CROPWAT, el cual puede ser descargado gratuitamente en el sitio web de la FAO.

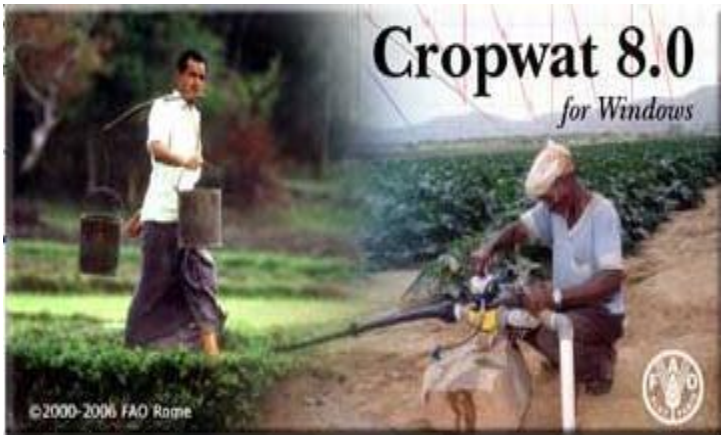


Figura 1-3: Cropwat 8.0

Fuente: www.snniger.com

3.6.1 Partes de CROPWAT

El Cropwat está diseñado para que tenga un uso didáctico, durante su ejecución del programa, aparece una ventana con un cuadro de dialogo que consta de cuatro partes bien definidas que serán descritas a continuación:

1. Menú principal
2. Barra de Herramientas
3. Informativo de acciones y cálculos
4. Estado de los datos y los archivos utilizados

A continuación, describiremos las cuatro partes de inicio del CROPWAT.

3.6.1.1 Menú Principal

El menú principal es similar al menú de Microsft Office. Con “File” o “Input Data” estas opciones nos permiten introducir los datos del caso en estudio.

Con la opción **“Schedule”** nos permite ingresar los criterios para el calendario y las fechas de importancia dentro del estudio que se está analizando.

Una vez ingresado los datos, observamos como los resultados obtenidos se representan mediante graficas o tablas con las opciones “**Tables”** o **“Graphs”.**

Y finalmente para gravar resultados parciales y totales tenemos la opción **“Save Report”,** con lo que guardamos los resultados y podemos imprimir un reporte del mismo.

3.6.1.2 Barra de Herramientas

En la barra de herramientas encontramos iconos que nos permiten hacer lo mismo que en el Menú Principal, a su vez estas opciones nos ayudan a trabajar con mayor rapidez ante las necesidades, los iconos están organizados por grupos cada una de ellas con funciones específicas.

- Entrada de datos
- Calendario
- Tablas
- Gráficos
- Opciones
- Editor

3.6.2 Información de acciones

En la parte inferior tenemos una ventana que nos permite mirar el estado de las acciones que se están realizando en el programa.

3.6.2.1 Estado de los datos y archivos utilizados

Primero se activa el botón "**Data Status"** y obtenemos información de los archivos ejecutados y calculados a realizarse:

3.6.2.2 Tipos de archivo utilizados por CROPWAT

Mediante el avance del trabajo, se van ingresando los datos del caso particular de estudio y se van creando diferentes archivos, como archivos de frecuencia de lluvias, humedad, altura, características del suelo, entre otros, los archivos de más apoyo y utilizados por el Cropwat son:

*PEN, *. PEM archivos de datos climáticos

*CLI, *. CRM datos de lluvia

*.CRO archivos con coeficiente de cultivo

*.CPT patrón de cultivo

*.SOL, *. SOL archivos con datos del suelo

*.SNR escenario de riego

*.IRR riegos

*.ADJ ajustes del usuario

*.TXT archivos del texto con resultados para imprimir

Estos archivos son organizados y almacenados en diferentes directorios, los cuales pueden ser cambiados por preferencia del usuario.

3.7 Diseño hidráulico

La hidrodinámica se encarga del estudio del movimiento de un fluido en el interior de un contorno (tubería, accesorios, canal, etc.).

El estudio de la hidrodinámica es:

- Interesante en la técnica: proyecto de oleoductos, redes de distribución de agua, conducto de los sistemas de refrigeración y engrase de las máquinas, flujo de agua y de vapor por una central térmica, etc.
- El problema central de la mecánica de fluidos.

3.7.1 Principios generales

En el desarrollo de la presente investigación vamos a referirnos al riego en carga en el cual el agua fluye por las redes de tuberías. Estos sistemas a presión se han desarrollado especialmente para este tipo de diseño, debido a que se considera ventajas con respecto a los canales abiertos, en su totalidad garantiza un mejor servicio a los usuarios y una mayor eficiencia en el riego, acompañado de una labor más técnica en cuanto a las actividades de mantenimiento, operación.

3.7.2 Redes a presión

Para definir los elementos que forman parte de las redes de riego, se procede a describir a continuación:

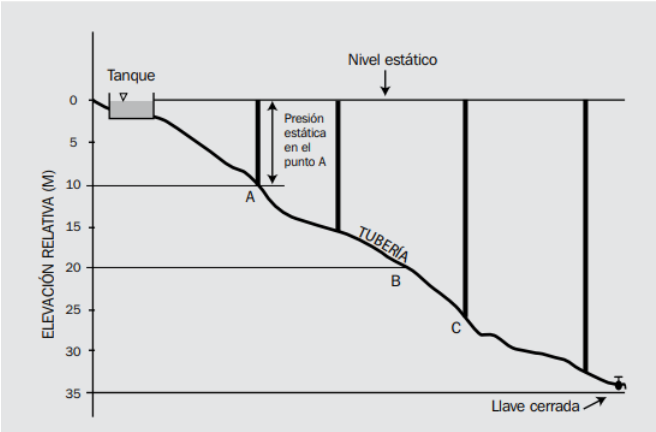


Figura 2-3: Elementos que constituyen las redes de presión

Fuente: (Mireya, 2012)

Donde:

- **Altura piezometrica H(m.c.a.). -** Suma de la cota topográfica y la altura de presión.
- **Altura total (m.c.a.). -** Energía mecánica total por unidad de peso de agua e igual a la suma de la altura de presión de la altura cinética.
- **Energía total disponible (m.c.a.). –** Diferencia de cotas entre los niveles de agua del depósito aguas arriba y el depósito aguas debajo de una conducción por gravedad.
- **Altura geométrica de elevación, H (m.c.a). -** Desnivel entre las cotas de los niveles de agua del depósito aguas arriba y del depósito aguas debajo de una impulsión.
- **Línea. -** Fragmento de la red que conduce un gasto constante y no tiene ramificaciones
- **Tubería. -** Segmento de línea que posee características físicas constantes (refiriéndose al diámetro interno).

Una red de distribución está formada por nudos y líneas que dependiendo de cómo se encuentre conectadas se definirá como ramificadas, malladas y mixtas. Estas redes están constituidas por tuberías y elementos especiales como válvulas, accesorios, hidrantes, elementos de unión que deben cumplir con el suministro de las demandas adecuadas y mantener las presiones mínimas para el correcto funcionamiento de la red.

3.8 Ecuaciones Básicas e hipótesis simplificadas

Las hipótesis simplificadas que se consideran en la modelación de flujos a través de conducciones de características uniforme son:

- Se considera la componente de la velocidad en la dirección de la tubería (flujo cuasi-unidimensional).
- La velocidad y la presión se considera una distribución uniforme en las secciones transversales que exista en la tubería.
- Fluido con alto módulo de compresibilidad
- Fluido Newtoniano que es sometido a un esfuerzo cortante o tangencial se deforma con una velocidad proporcional al esfuerzo aplicado.

3.8.1 Ecuaciones

3.8.1.1 Ecuación de continuidad

En un determinado volumen dentro de un área del fluido denominado volumen de control, donde nos permite estudiar el comportamiento de las partículas que lo traviesan en una base temporalmente.

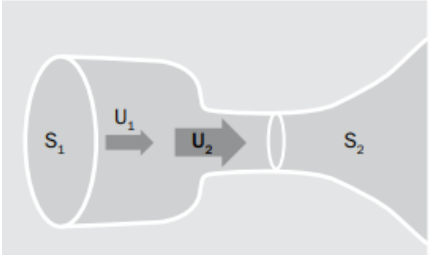


Figura 3-3: Definición de un volumen de control

Fuente: (Carrazon, 2017)

En un volumen de control la ecuación de continuidad queda definida por el principio de conservación de la masa que dice que: "la variación por unidad de tiempo de la masa encerrada en un control es igual a la diferencia entre el gasto másico de entrada y el gasto másico de salida del mismo que se expresa matemáticamente.

$$v * A = cte \rightarrow v_e * A_e = v_s * A_s = Q$$

3.8.1.2 Ecuación de Bernoulli

La ecuación representa la energía total específica de un fluido, que está determinada por la ecuación de Bernoulli:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2 * g}$$

La ecuación de Bernoulli asevera que la energía total por unidad de peso del fluido incompresible se mantiene constante a lo largo de una línea de corriente, considerando que no existe perdidas por fricción como tampoco aportes de energía.

Si tenemos el caso de que entre dos secciones 1 y 2 de una conducción, existe perdidas por fricción o aportes de energía, la ecuación se describe.

$$B_1 = B_2 + h_{12} \qquad o\ bien \qquad \rightarrow z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2 * g}$$

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2 * g} + h_{12}$$

El termino h_{12} toma un valor positivo cuando representa una pérdida y un valor negativo cuando resulta un aporte de energía, cuando nos referimos de la energía de un fluido, nos referimos a los siguientes conceptos.

- Altura geométrica: z
- Altura piezometrica $H = z + \frac{p}{\gamma}$
- Altura total $Ht = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2*g}$

En donde:

- **Línea de alturas geométricas (LAG)**
  Línea del eje de la conducción, se representa por la cota topográfica del eje de cada sección de la misma y referida al plano horizontal adoptado como referencia.
- **Línea de alturas piezometrica (LAP)**
  Representa la altura piezometrica, suma de la energía potencial o altura geométrica y la altura de presión en cada sección medida respecto al plano horizontal de referencia.
- **Línea de alturas totales (LAT)**
  Se define como la energía total especifica en cada sección del flujo, y resulta de sumar a la línea de alturas piezometrica el valor de la altura cinética.

3.8.2 Ecuaciones para el cálculo de pérdidas de carga

3.8.2.1 Pérdidas por fricción

Las pérdidas friccionales que se dan en el interior de las conducciones por efecto del rozamiento con el fluido.

$$z_a + \frac{P_a}{\gamma} = z_b + \frac{P_b}{\gamma} = cte = z + \frac{P}{\gamma}$$

Par reducir las pérdidas de carga en una condición en régimen permanente y uniforme se parte de la aplicación de la ecuación de la cantidad de movimiento a un tramo de una conducción, como el que se muestra en la figura, en donde P_1 y P_2 son las presiones a la entrada y salida de la conducción.

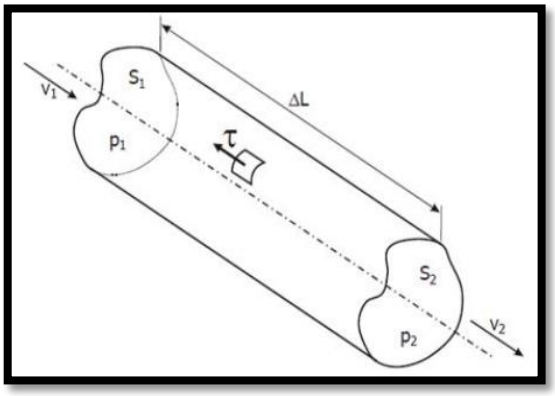


Figura 4-3: Elemento rectilíneo de una conducción uniforme

Fuente: (Carrazon, 2017)

CAPÍTULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

Una vez establecidos las técnicas y metodologías que se va a llevar el presente trabajo de titulación, identificamos las posibles alternativas de diseño e implementación de un sistema eficiente de riego por aspersión, en base a las investigaciones y a los estudios previamente realizados a este proyecto se logre obtener una optimización de mejor rendimiento en el sistema de riego que se pretende implementar dando prioridad a un mejor diseño de elementos que permita tal estudio.

Los fenómenos climatológicos naturales y las herramientas tecnológicas e informáticas que nos ofrece nuestro tiempo, con el fin de aprovechar al máximo los recursos que nos permitan cumplir con nuestro objetivo. Para poder calcular los parámetros requeridos del sistema, hemos agrupado en diversas tablas las características y datos reales disponibles.

Así tenemos:

4.1 Parroquia San Juan

4.1.1 Ubicación

La parroquia San Juan se encuentra al Noroeste de la ciudad de Riobamba, a 18 km.

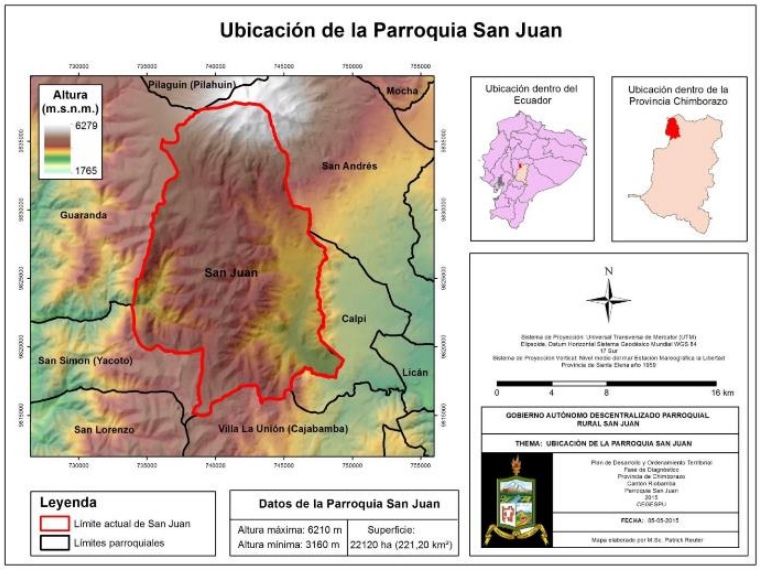


Figura 1-4: Ubicación Geográfica

Fuente: (Rural, 2015)

4.1.2 Límite político administrativo

- Al norte con la provincia de Tungurahua - San Andrés - El río Culebrillas.
- Al Sur con Calpi - Cantón Colta – Río Chimborazo.
- Al este con San Andrés y Calpi
- Al oeste limita con la provincia de Bolívar

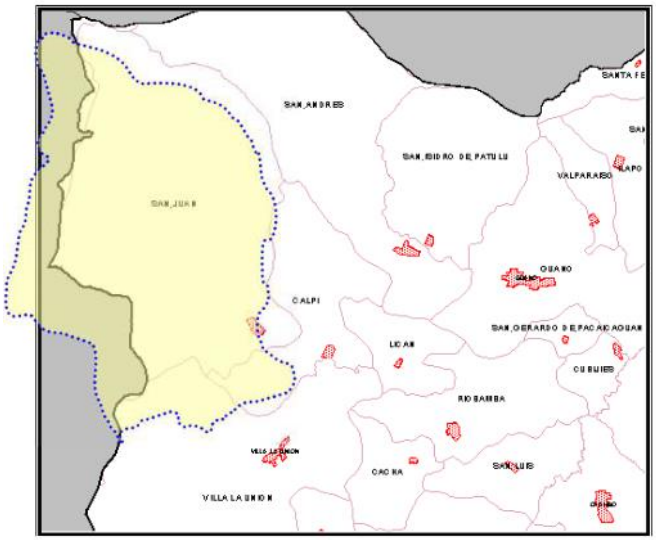


Figura 2-4: Limites de la parroquia San Juan

Fuente: (Rural, 2015)

4.1.3 Características generales del territorio

Tabla 1-4: Características de la parroquia San Juan

Superficie	22120 ha. 221,20 km^2
Altitud	3160 msnm – 6210 msnm
Población	7370
Precipitación	500 – 1000 mm
Temperatura	12 – 16°C
Humedad Relativa	0,7 – 1,88

Fuente: (Rural, 2015)

Realizado por: Los Autores, 2019

La Quinta "La Delicia" situada en la parroquia San Juan, cantón Riobamba, tiene un área de 12 174,65 m^2 de cultivo de forraje que sirve de alimento para el ganado, la Quinta durante su trayecto y administración se a dedicado a la producción de ganado y los derivados de leche para el desarrollo de la parroquia.

Figura 1-4: Ubicación

Fuente: Google Earth

4.2 Cultivos de la Quinta "La Delicia"

El pasto, nombre científico Pennisetum Clandestinum, es una de las gramíneas más comunes y que mejor se ha adoptado a las zonas de clima frio, incluso se ha adaptado a la altura, y que crece sin problemas en alturas entre 1200 y 3000 metros, Esta gramínea no es muy exigente en cuanto al tipo de suelo y que crece bien en la mayoría de suelos, este cultivo es resistente a la sequía, sin embargo, su óptima producción se dará con suelos fértiles y con un mínimo de 750 mm de lámina de agua en precipitaciones.

Figura 2-4: Cultivo de forraje

Fuente: Los Autores

Tabla 2-4: Parámetros básicos de la Quinta "La Delicia"

Parámetros básicos	
Parámetro	Descripción
Ubicación	San Juan- Riobamba
Tipo de suelo	Franco sobre suelo compacto
Cultivo	Forraje
Forma de terreno	Cono
Superficie del terreno	Pendiente
Riego Actual	Ninguno
Riego a implementar	Aspersión
Operación del sistema	Manual
Disponibilidad de energía	SI
Fuente de agua	Reservorio (35 m^3)

Fuente: Los Autores

4.3 Parámetros topográficos y climáticos de la Quinta "La Delicia"

Las mediciones del terreno en metros lineales y estadísticos se ejecutaron para mediante la topografía conocer el área del terreno. En la sucesiva figura 3-4 se señala las mediciones del terreno.

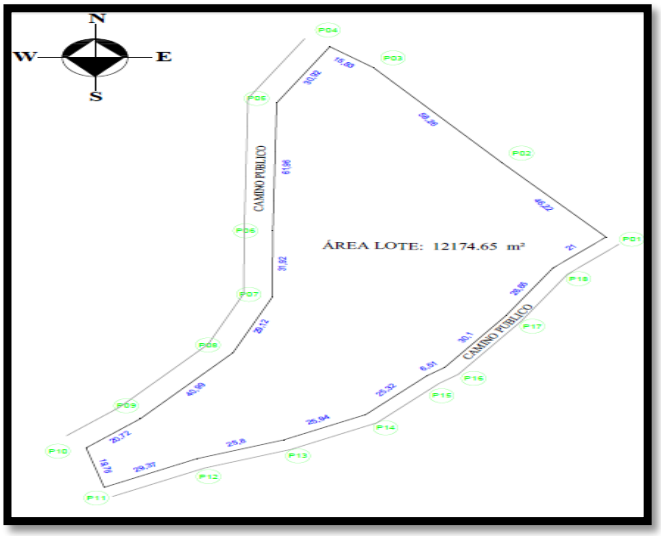


Figura 3-4: Topografía de la Quinta "La Delicia"

Fuente: Los Autores

4.3.1 Clima y Condiciones Meteorológicas

Tabla 3-4: Datos históricos de San Juan de Riobamba

		Extremas Absolutas		Extremas Medias	
Meses	Medias en °C	Máximas en °C	Mínimas °C	Máximas en °C	Mínimas °C
Enero	13,2	24,1	2,0	20,5	8,2
Febrero	13,9	25,5	3,6	22,4	8,7
Marzo	13,8	24,2	4,9	22,0	8,8
Abril	12,9	24,2	3,6	20,6	8,7
Mayo	13,2	22,4	8,2	19,6	9,5
Junio	12,7	23,2	3,8	20,2	8,3
Julio	12,6	22,5	3,2	20,4	7,9
Agosto	12,4	22,2	4,5	19,9	7,5
Septiembre	13,2	25,8	4,0	20,9	7,8
Octubre	14,5	26,5	4,1	23,0	9,1
Noviembre	14,3	24,5	7,3	21,7	10,2
Diciembre	13,4	21,8	6,8	19,7	9,3
Suma	160,2	286,9	56,0	250,8	104,0
Meses de datos	12	12	12	12	12
Media	13,4	23,9	4,7	20,9	8,7

Fuente: (Estación Agrometereológica -Espoch)

Realizado por: Los Autores, 2019

San Juan se encuentra en la provincia de Chimborazo, a 18 Km de la ciudad de Riobamba, su poblado está asentado a una altura de 3 240 msnm, vía al sur lugar en el que se unen las carreteras con destino a la costa. Cuenta con una superficie territorial de 209,7 Km^2 que corresponde al 21,40 % del área cantonal de Riobamba, la temperatura promedio se sitúa en 14,5 °C con clima frio.

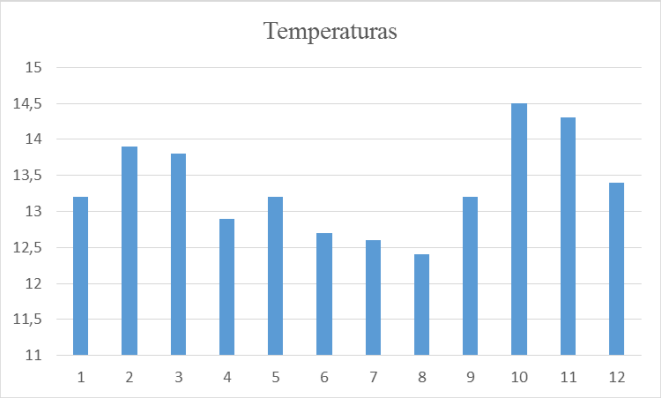


Figura 4-4: Diagramas de barras de Climograma.

Fuente: (Estación Agrometereologica -Espoch)

Se puede visualizar en el diagrama de barras las alteraciones de temperatura de cada mes en la cual podemos observar la precipitación de temperatura aproximada de 14 ºC.

4.3.1.1 Humedad

A la medida de la cantidad de vapor de agua que está contenida por el aire se le conoce por el nombre de humedad, esta cantidad puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas a las que está sometido el aire, es decir, que el aire húmedo se compone de aire seco y de vapor de agua.

Tabla 4-4: Temperatura máx., min y humedad relativa

HUMEDAD REALTIVA											
Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Ag.**	**Sept.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dic.**
72,1	78,4	78,1	80,2	84,1	75,8	69,2	68,5	66,5	66,4	76,1	77,5

Fuente: (www.meteoblue.com)

Realizado por: Los Autores, 2019

En la siguiente figura representa el porcentaje de humedad relativa mediante las temperaturas máximas y mínimas con una precipitación de 2890 msnm.

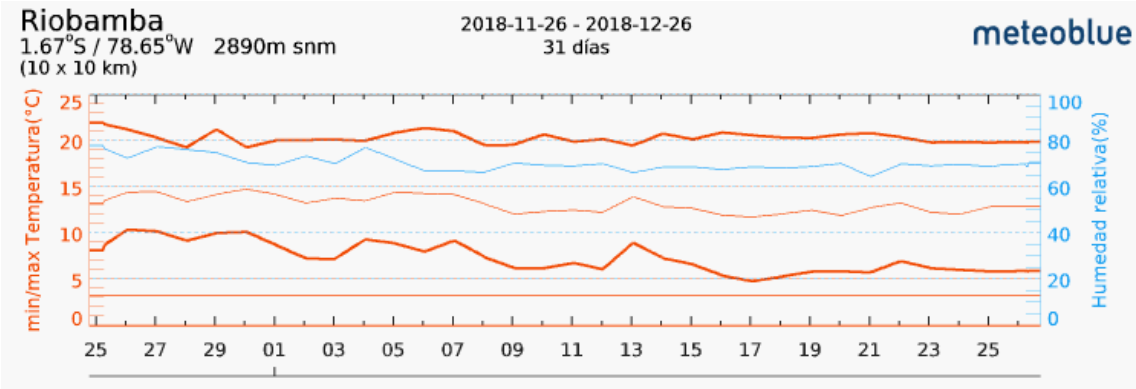


Figura 5-4: Alteraciones de temperatura y humedad

Fuente: (www.meteoblue.com)

4.3.1.2 Precipitaciones

Existen factores que afectan al escurrimiento, el primero son los factores climáticos precipitación: (forma, intensidad, duración, distribución). Otras condiciones son la forma del suelo, la pendiente, altitud, geología y topología del suelo.

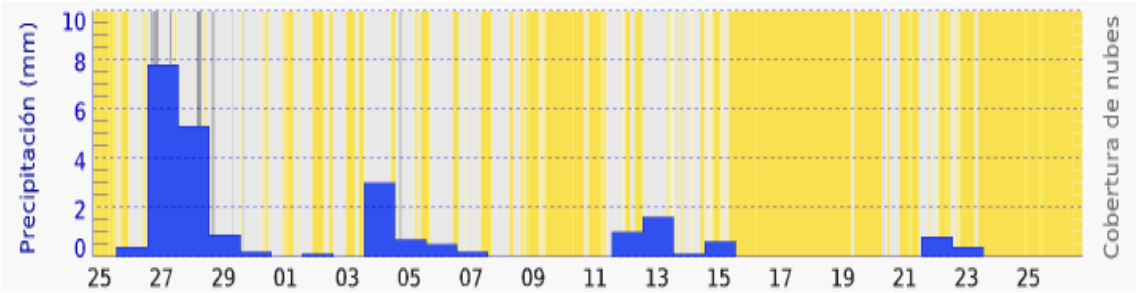


Figura 6-4: Precipitaciones y cobertura de nubes

Fuente: (www.meteoblue.com)

4.3.1.3 Viento

El viento es el movimiento del aire de un lugar a otro, la superficie de la tierra están a diferentes temperaturas y presiones lo que provoca bolsas, capas o porciones de aire a diferentes temperaturas y presiones de esta manera produce que estos cuerpos de aire se muevan. La velocidad del viento se mide en nudos o en Km/hora y se los clasifica a los diferentes tipos de viento de la siguiente manera:

Tabla 5-4: Datos de variación del viento

VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/día)											
Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Ag.**	**Sept.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dic.**
155,52	164,16	190,08	164,16	155,52	207,36	233,28	233,28	172,8	233,28	155,52	190,08

Fuente: (www.meteoblue.com)

Realizado por: Los Autores, 2019

En la siguiente figura representa la velocidad del viento con respecto a la dirección que se propaga en la situación climática que se encuentre.

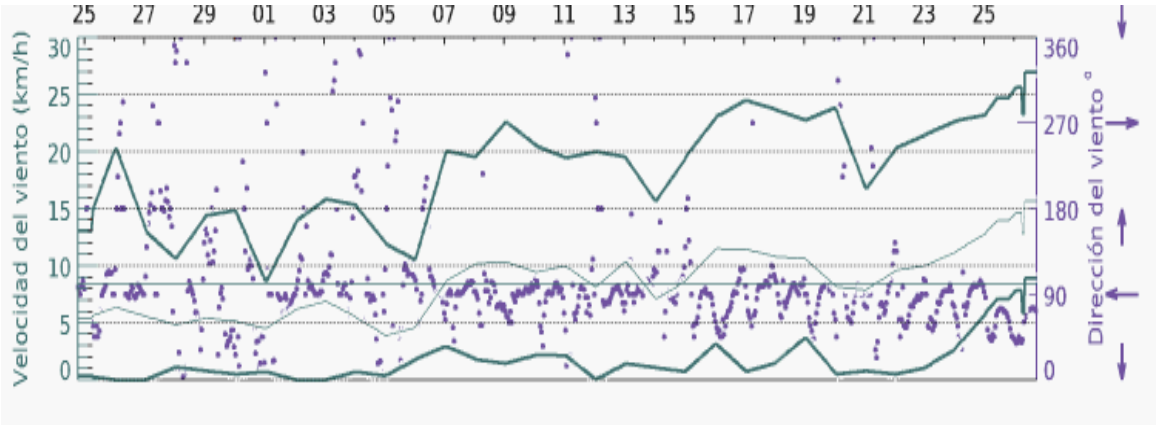


Figura 7-4: Precipitación del viento de acuerdo a la dirección

Fuente: (www.meteoblue.com)

Tabla 6-4: Datos generales

Característica	Simbología	Cantidad	Unidad de medida
Superficie	S	12174,65	m^2
Pendiente	M	15	%
Altitud media	h_{snm}.	2762	Msnm
Latitud	Lat	1°40'29,25"	S
Longitud	Long	78°39'43,93"	O
Velocidad media del viento	V	6,11	Km/h
Temperatura máxima	T_{max}	23,9 º	ºC
Temperatura mínima	T_{min}	4,7 º	ºC
Precipitación máxima	P_{max}	127,8	Mm
Precipitación mínima	P_{min}	3,2	Mm
Humedad relativa máxima	h_{max}	96	%
Humedad relativa mínima	h_{min}	28,1	%

Realizado por: Los Autores, 2019

4.3.2 Cálculos del diseño agronómico

4.3.2.1 Cálculo de evapotranspiración potencial

Para realizar este cálculo se utiliza los siguientes datos:

- Altitud
- Latitud
- Longitud
- Temperatura máxima
- Temperatura mínima
- Humedad relativa
- Velocidad de viento

En el figura 8-4 de la columna 1 a la 3, se presenta la información climatológica que se obtuvo de la estación climatológica (www.meteoblue.com), con altitud de 2762 m y coordenadas 1,67 S; 78.66 W, con estos datos el programa calculó la información que se tiene en las columnas **Rad** y **ETo**, la primera es la radiación solar estimada y la última es la evapotranspiración de referencia (ETo) obtenida con el método de Penman-Monteith.

Country: Ecuador — Station: San Juan Riobamba

Altitude: 2762 m. — Latitude: 1.67 °S — Longitude: 78.66 °W

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m²/day	mm/day
January	2.0	24.1	72	155	5.0	16.8	3.59
February	3.6	25.5	78	164	5.0	17.3	3.69
March	4.9	24.2	78	190	5.0	17.4	3.66
April	3.6	24.2	80	164	5.0	16.7	3.43
May	8.2	22.4	84	155	5.0	15.7	2.99
June	3.8	23.2	75	207	5.0	15.1	3.30
July	3.2	22.5	69	233	5.0	15.3	3.47
August	4.5	22.2	68	233	5.0	16.2	3.58
September	4.0	25.8	66	172	5.0	17.0	3.92
October	4.1	26.5	66	232	5.0	17.2	4.30
November	7.3	24.5	76	155	5.0	16.9	3.55
December	6.8	21.8	77	190	5.0	16.6	3.36
Average	**4.7**	**23.9**	**74**	**188**	**5.0**	**16.5**	**3.57**

Figura 8-4: Cálculo de evapotranspiración

Fuente: Los autores

El promedio de la evapotranspiración potencial anual obtenida es de 3,57 mm/día (milímetros por día)

Todos los datos que se indican en la siguiente figura 9-4 (a) temperaturas, (b) humedad y (c) velocidad de viento respectivamente durante todo el año.

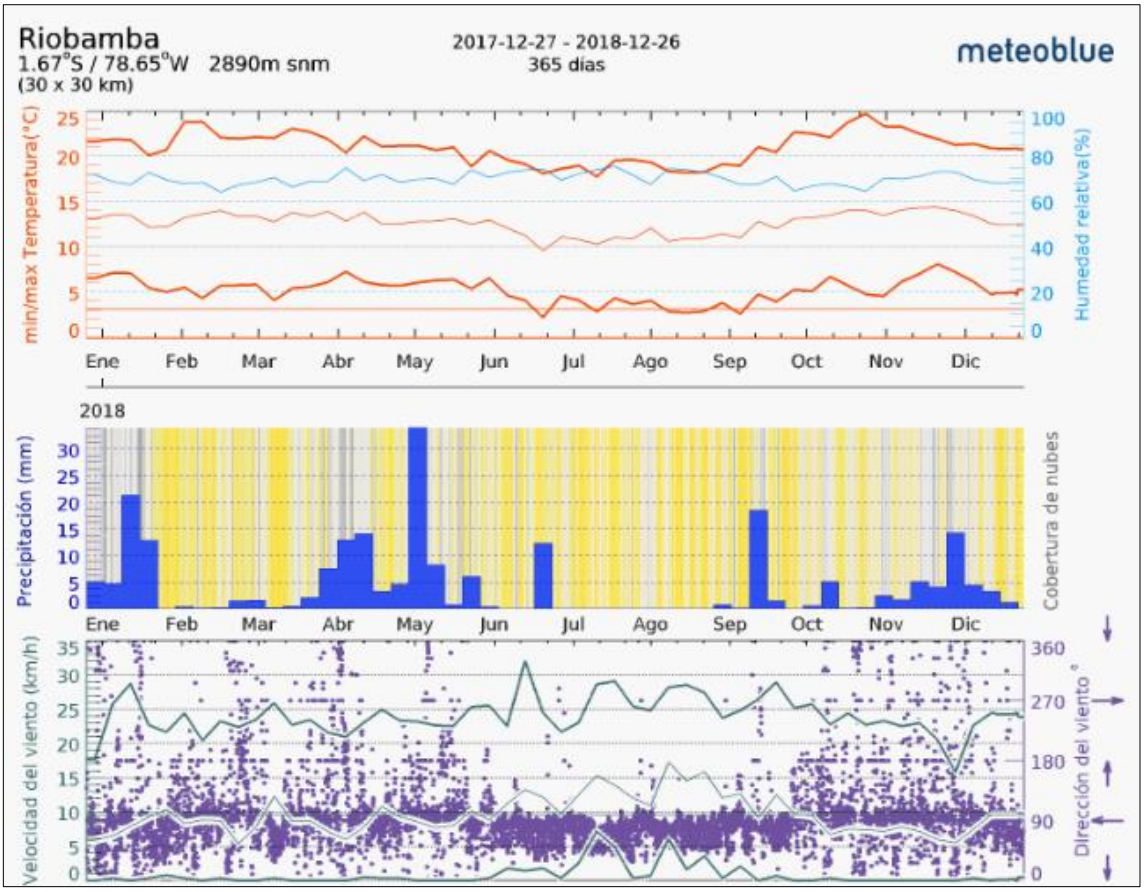


Figura 9-4: a) Temperaturas; b) humedad; c) velocidad del viento

Fuente: (meteoblue.com)

4.3.3 Cálculo de la precipitación efectiva

Se obtuvo una gráfica donde se muestra la precipitación durante el año, se puede visualizar las alteraciones y se dedujo el mes de mayo se produjo una alteración en comparación a los demás meses.

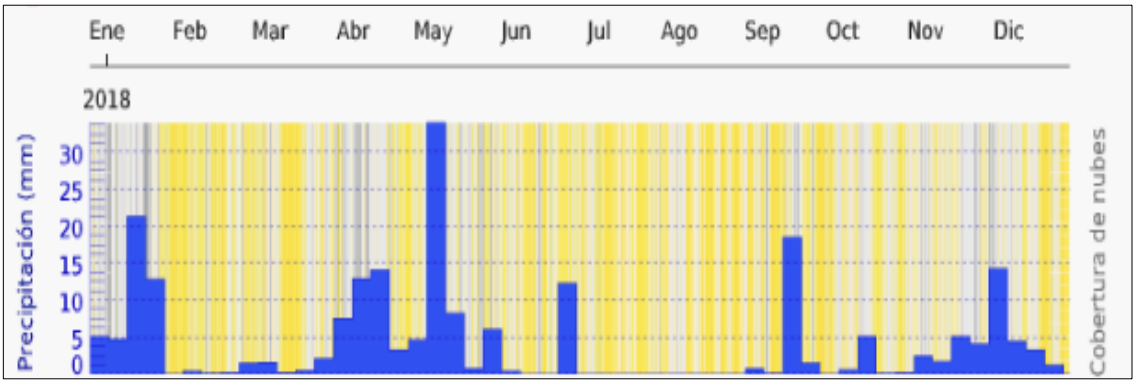
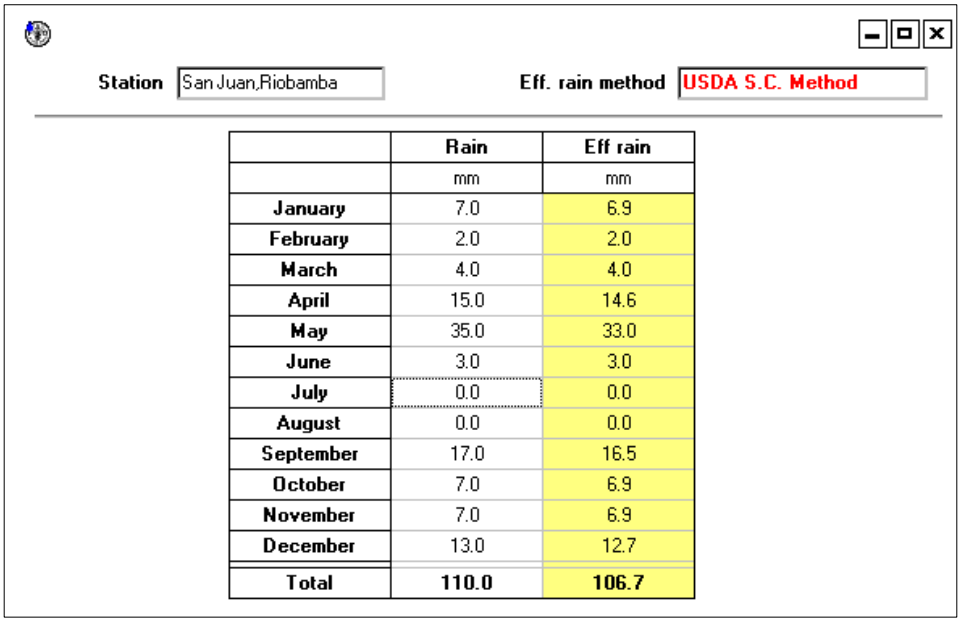


Figura 10-4: Precipitación durante el año

Fuente: (meteoblue.com)

En la siguiente figura 11-4 se muestra el cálculo en el software cropwat 8.0



Station San Juan,Riobamba Eff. rain method USDA S.C. Method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	7.0	6.9
February	2.0	2.0
March	4.0	4.0
April	15.0	14.6
May	35.0	33.0
June	3.0	3.0
July	0.0	0.0
August	0.0	0.0
September	17.0	16.5
October	7.0	6.9
November	7.0	6.9
December	13.0	12.7
Total	110.0	106.7

Figura 11-4: Precipitación efectiva

Fuente: Los autores

Concluyendo que la precipitación anual de lluvia ocurrida es de 106,7 mm

4.3.4 Datos del cultivo y de la fecha de siembra

Para saber la dosis de riego adecuada se debe realizar el cálculo respectivo, que nos permite saber la cantidad de agua requerida para el cultivo, con la ayuda del programa Cropwat ingresamos los datos pertinentes del tipo de cultivo, cuyos datos vienen programados los datos se registran mediante la siguiente la tabla.

Tabla 7-4: Entrada de datos de cultivo de forraje

Etapa	Inicio	Desarrollo	Media	Final	Total
Duración	21	11	24	36	92
Coeficiente de cultivo (Kc)	0,40		0,95	0,90	
Profundidad de raíces	1,50		1,50	150	
Nivel de agotamiento (Fracc)	0,55		0,55	0,55	
Respuesta al rendimiento(Ky)	1	1	1	1	1

Fuente: Los autores, 2019

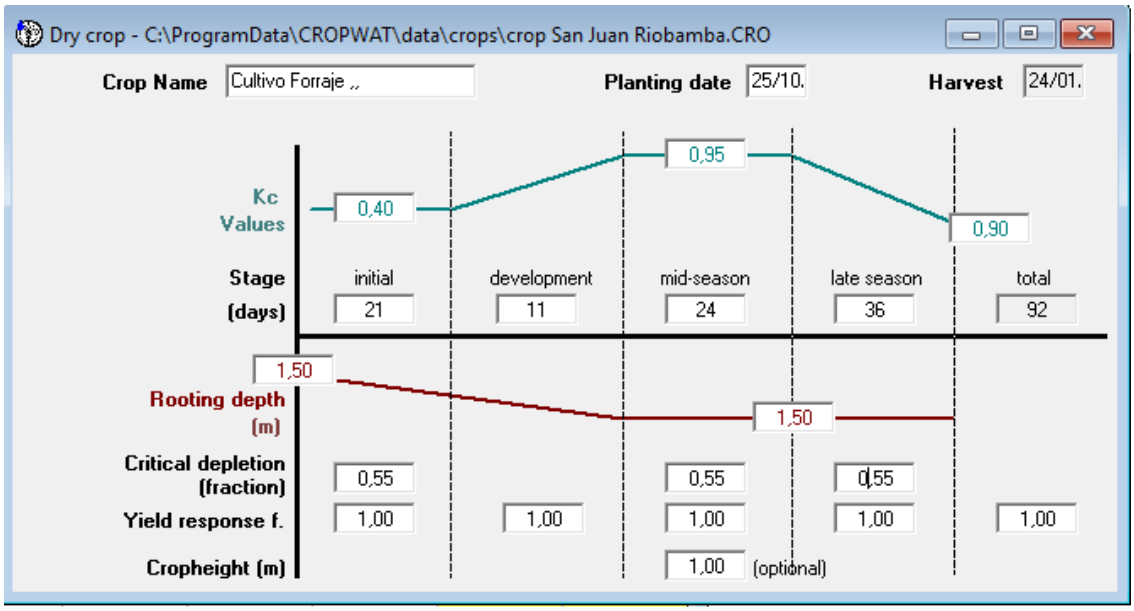


Figura 12-4: Datos del cultivo de forraje

Fuente: Los autores

4.3.5 Datos de suelo

El ingreso de los datos de suelo nos ayudará en la programación de riego, para ello cargamos los datos sugeridos por el software Cropwat 8.0

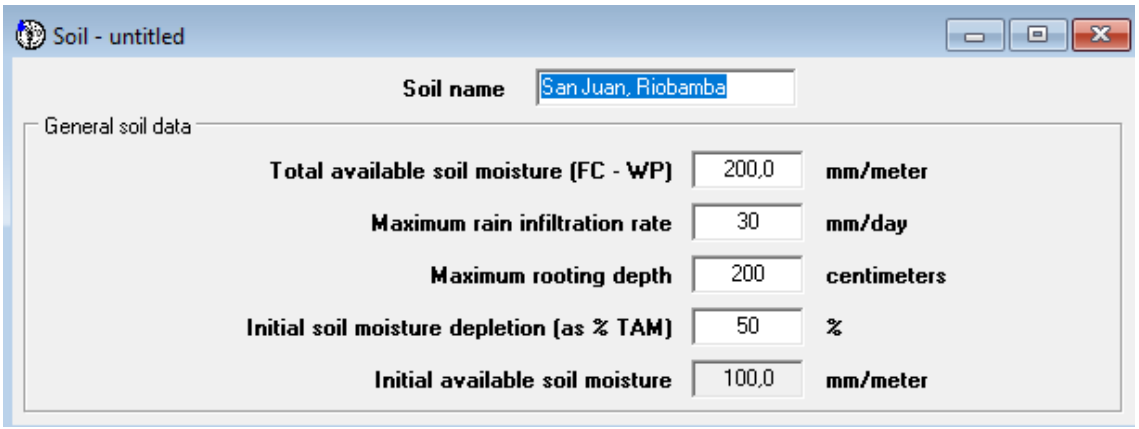


Figura 13-4: Valores del suelo

Fuente: Los autores

4.3.6 Cálculo del requerimiento de agua del cultivo

En base al tipo de cultivo, Cropwat 8.0 nos permite calcular el requerimiento de agua para cada mes, en nuestro caso para el cultivo de pasto como se visualiza en la siguiente figura 14-4.

ETo station: San Juan Riobamba
Crop: Cultivo de forraje
Rain station: San Juan,Riobamba
Planting date: 25/10

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	3	Init	0.40	1.65	11.5	1.3	10.5
Nov	1	Init	0.40	1.52	15.2	2.1	13.1
Nov	2	Deve	0.51	1.81	18.1	2.1	16.1
Nov	3	Mid	0.92	3.22	32.2	2.8	29.5
Dec	1	Mid	0.98	3.34	33.4	3.9	29.5
Dec	2	Late	0.98	3.28	32.8	4.7	28.0
Dec	3	Late	0.97	3.33	36.7	3.9	32.7
Jan	1	Late	0.96	3.38	33.8	3.0	30.8
Jan	2	Late	0.95	3.42	34.2	2.3	31.9
Jan	3	Late	0.95	3.43	13.7	0.6	12.8
					261.7	**26.8**	**234.9**

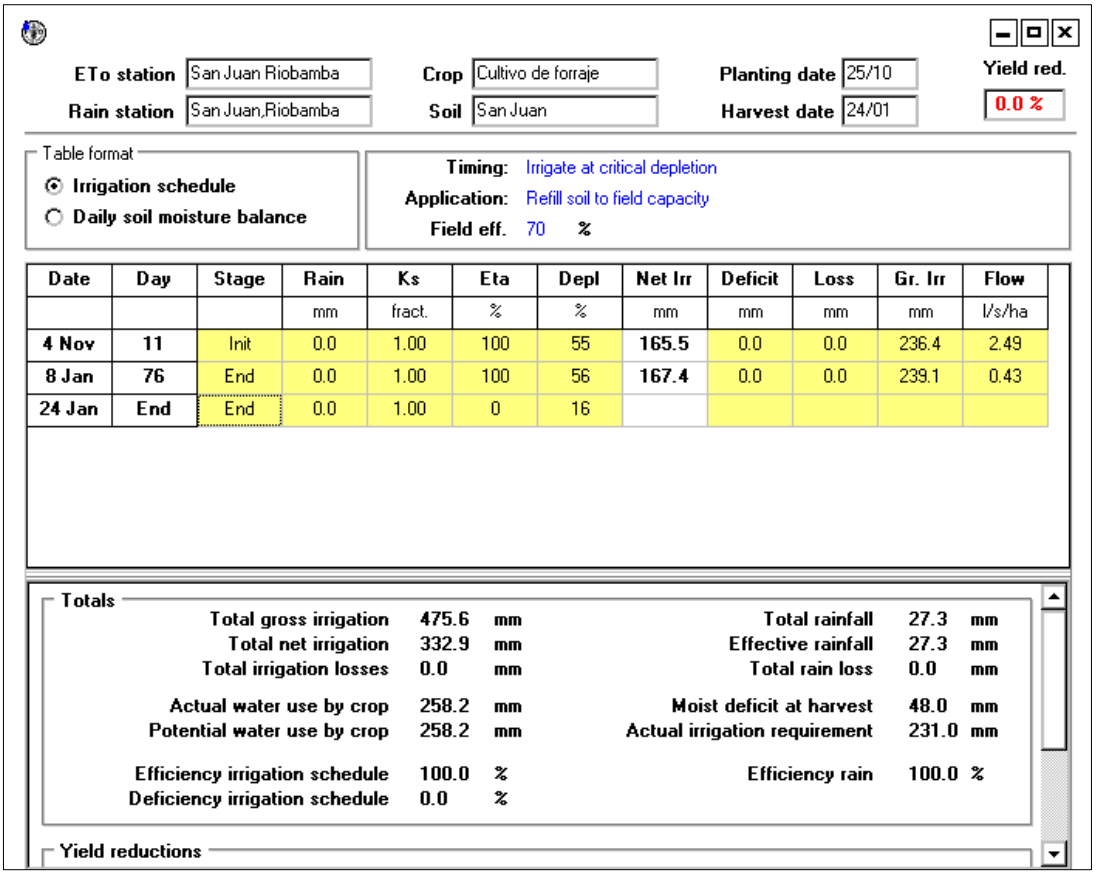
Figura 14-4: Recurso hídrico necesario para cultivo de forraje

Fuente: Los Autores

Con las necesidades de agua de los cultivos obtenidas, el programa realiza la programación de los riegos, para lo cual presenta varias opciones dependiendo de las aplicaciones específicas que el usuario requiera y de las condiciones y restricciones que el sistema de riego impone, la capacidad de campo, para esta última es necesario indicar la eficiencia de aplicación en el campo, en el que el software determina por default el 70%. Determinando un requerimiento neto de riego lo que significa que se necesita aplicar una lámina de riego de 234,9 mm para satisfacer el agua en el cultivo en los primeros diez días.

4.3.7 Caudal requerido y plan de riego para cultivo de forraje

Estos datos son necesarios para que el encargado del riego que ejecute de forma manual realice los riegos programados y calculados por Cropwat como se muestra en la siguiente figura 15-4.



ETo station: San Juan Riobamba | Crop: Cultivo de forraje | Planting date: 25/10 | Yield red. 0.0 %
Rain station: San Juan,Riobamba | Soil: San Juan | Harvest date: 24/01

Table format: Irrigation schedule / Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
Application: Refill soil to field capacity
Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
4 Nov	11	Init	0.0	1.00	100	55	165.5	0.0	0.0	236.4	2.49
8 Jan	76	End	0.0	1.00	100	56	167.4	0.0	0.0	239.1	0.43
24 Jan	End	End	0.0	1.00	0	16					

Totals

Total gross irrigation	475.6	mm	Total rainfall	27.3	mm
Total net irrigation	332.9	mm	Effective rainfall	27.3	mm
Total irrigation losses	0.0	mm	Total rain loss	0.0	mm
Actual water use by crop	258.2	mm	Moist deficit at harvest	48.0	mm
Potential water use by crop	258.2	mm	Actual irrigation requirement	231.0	mm
Efficiency irrigation schedule	100.0	%	Efficiency rain	100.0	%
Deficiency irrigation schedule	0.0	%			

Yield reductions

Figura 15-4: Cálculo de caudal requerido y plan de riego

Fuente: Los autores

Describiendo los resultados obtenidos de izquierda a derecha, comenzando por las fechas, día, etapa, lluvia, coeficiente de fracción, evapotranspiración, agotamiento, riego neto, déficit, perdidas, riego gradual, y caudal se encontraron los valores óptimos para el diseño los más importantes para el diseño: Caudal de 2,49 l/s/ha [litros/segundo/hectárea]; uso de agua por cultivo de 258,2 mm déficit húmedo en la cosecha de 48 mm y por último el requisito real de riego es de 231 mm.

4.3.8 Lámina Neta

$$\boldsymbol{L.N.} = \left(\frac{\boldsymbol{C.C - P.M.P}}{\boldsymbol{100}} * \boldsymbol{D.A.} * \boldsymbol{C.R} * \boldsymbol{P.R} * \boldsymbol{100}\right) \boldsymbol{mm} \qquad \textbf{(1)}$$

Donde:

$C.C = capacidad\ del\ campo\ \%\ \boldsymbol{Ver\ Anexo\ A1}$

$P.M.P = punto\ de\ marchitez\ permanente\ \%\ \boldsymbol{Ver\ Anexo\ A2}$

$C.R = criterio\ de\ riego\ \ \boldsymbol{Ver\ Anexo\ A3}$

$P.R = profundidad\ de\ raices$ $\boldsymbol{Ver\ Anexo\ A4}$

$D.A = densidad\ aparente$ $\boldsymbol{Ver\ Anexo\ A5}$

$$L.N. = \left(\frac{34\% - 12\%}{100} * 1{,}4 * 0{,}60 * 1{,}5 * 100\right) mm$$

$$L.N. = 27{,}72\ mm$$

4.3.9 Requerimiento Bruta

El requerimiento bruto se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{R.B.} = \frac{\boldsymbol{Etc}}{\boldsymbol{\eta}} \qquad \textbf{(2)}$$

Donde:

$Etc = consumo\ del\ cultivo\ más\ desfavorable\ (Figura\ 14 - 4)$

$\eta = 0{,}53$

$$R.B. = \frac{3{,}84 mm/dia}{0{,}53}$$

$$R.B. = 7{,}24 \frac{mm}{dia}$$

4.3.10 Frecuencia de riego

$$\boldsymbol{F.R.} = \frac{\boldsymbol{L.N}}{\boldsymbol{R.B}}\ (\boldsymbol{dias}) \qquad \textbf{(3)}$$

$$F.R. = \frac{27{,}72}{7{,}24}$$

$$F.R. = 3{,}82\ días$$

<u>Nota: Para no provocar estrés hídrico no debe pasar de los 7 días.</u>

4.3.11 Tasa de aplicación de agua para aspersores

Para determinar la tasa de aplicación de agua para aspersores se debe considerar las características del aspersor teniendo en cuenta lo siguiente:

- El caudal que requiere el aspersor tiene que ser menor igual al caudal de consumo.
- La presión con que trabaja el aspersor.
- Su alcance.

Se realizará un cálculo lo cual se determinará el promedio de las características de un tipo de aspersor:

$$\boldsymbol{T.A.A.A.} = \frac{\boldsymbol{Q_{pa}}}{\boldsymbol{Dl * D_a}} \quad \textbf{(4)}$$

Donde:

$Q_{pa} = caudal\ de\ entrega\ del\ aspersor$

$Dl = distancia\ entre\ el\ aspersor$

$D_a = distancia\ entre\ apersores$

$$D_a = 0{,}65 * 20m$$

$$D_a = 13\ m$$

Entonces:

$$T.A.A.A. = \frac{1{,}15\,\frac{m^3}{h} * 1000\ mm/m}{13 * 13}$$

$$T.A.A.A. = 6{,}80\ mm/horas$$

Criterio:

Siempre se debe considerar que la tasa de aplicación de agua para aspersor sea menor que la velocidad de infiltración para que no exista encharcamiento en los terrenos.

4.3.12 Tiempo de Aplicación de Riego para Aspersor

Etc= consumo de cultivo del mes más desfavorable

$$\boldsymbol{T.A.R.A.} = \frac{\boldsymbol{Etc}}{\boldsymbol{T.A.AA}}\ (\boldsymbol{horas}) \quad \textbf{(5)}$$

$$T.A.R.A. = \frac{3{,}78}{6{,}80}\ (horas)$$

$$T.A.R.A. = 0{,}55\ horas \sim 33{,}35\ minutos$$

4.4 Diseño hidráulico

En los procesos de riego se requiere un sistema de gráfico que permita analizar los requerimientos reales del sistema tecnificado de riego por aspersión.

4.4.1 Selección del aspersor

Se debe considerar la variedad de aspersores en el mercado ya que existe un sinfín de marcas de acuerdo a los requerimientos del diseño, cultivo, distribución del terreno, alcance, caudal de agua. En el diseño de este trabajo de titulación se utiliza aspersores de bajo alcance de la marca NAADANJAIN modelo 5022 SD, es correcto para las cantidades adecuadas de agua y cultivo, los mismos que cuentan con las siguientes características que se señalan en la siguiente figura 16-4.

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m^3/h)	D (m)	Espaciamiento (m)				
				10x10	10x12	12x12	12x14	14x14
3.0x1.8 Rojo	2.5	0.760	21.0	7.6	6.3	5.3		
	3.0	0.840	22.0	8.4	7.0	5.8		
	3.5	0.900	23.0	9.0	7.5	6.3		
	4.0	0.970	22.0	9.7	8.1	6.7		
3.2x1.8 Verde	2.5	0.820	21.0	8.2	6.8	5.7		
	3.0	0.900	22.0	9.0	7.5	6.3		
	3.5	0.980	23.0	9.8	8.2	6.8		
	4.0	1.040	23.0	10.4	8.7	7.2		
3.5x1.8 Azul	2.5	0.890	23.0	8.9	7.4	6.2	5.3	
	3.0	0.990	23.0	9.9	8.3	6.9	5.9	
	3.5	1.060	24.0	10.6	8.8	7.4	6.3	
	4.0	1.150	24.0	11.5	9.6	8.0	6.8	
4.0x1.8 Negro	2.5	1.100	24.0	11.0	9.2	7.6	6.5	5.6
	3.0	1.220	25.0	12.2	10.2	8.5	7.3	6.2
	3.5	1.330	25.0	13.3	11.1	9.2	7.9	6.8
	4.0	1.430	26.0	14.3	11.9	9.9	8.5	7.3

Boquilla trasero: 1.8 - Verde brillante

Código de color – Uniformidad de distribución	CU > 92%	CU 88-92%	CU 85-88%	CU < 85%

Figura 16-4: Características de aspersor Nadanjain modelo 5022 SD

Fuente: (http://es.naandanjain.com)

4.4.2 Especificaciones técnicas

- Aspersor de impacto círculo completo.
- Alcance circular 20m
- Rosca ¾” macho o hembra
- Doble boquilla principal y secundaria.
- Rango de presión: 2.5 - 4 PSI.
- Rango de boquillas: 1/8”-3/4”.
- Tratamiento protector a los rayos ultravioletas.

Figura 17-4: Aspersor Nadanjain 5022 SD

Fuente: Los autores

En la siguiente tabla se observa un resumen del aspersor a utilizar con sus parámetros principales.

Tabla 8-4: Características del aspersor 5022 SD

Aspersor Nadanjain 5022 SD			
Característica	Símbolo	Cantidad	Unidad
Alcance radial	R	10-12	M
Alcance circular	D	20 - 24	M
Presión	P	2,5 – 4	Bar
Caudal	Q	0,890-1,150	m^3/h
Ángulo	A	0-360	º
Diámetro de alcance	D	20-24	M

Fuente: Los autores, 2019

4.4.3 Distribución de aspersores en el cultivo de forraje

La distribución se realiza respecto al tipo de aspersor que se va a implementar y de acuerdo al tipo de terreno en el que se ubicara considerando los puntos de lluvia y velocidad de viento, tomando en cuenta todos estos factores se analizado varias formas de distribución y la que es más óptima es la distribución cuadrangular en la que se puede visualizar a continuación.

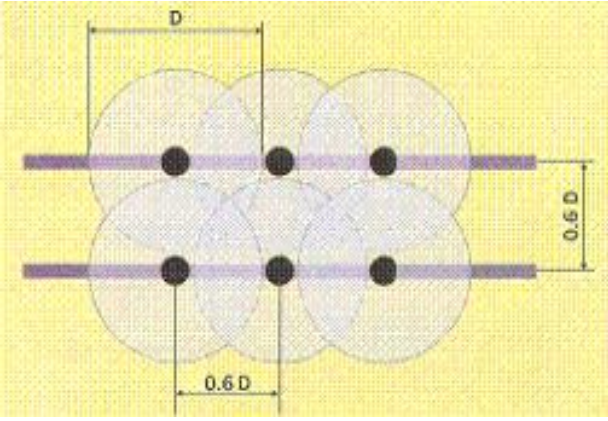


Figura 18-4: Sistema ideal

Fuente: (Ramos Patricio & Baez Dario, 2013)

El análisis de las líneas principales se basa en el alcance del diámetro del aspersor en este caso 20 m visualizado el terreno y definido como irregular se cubre todas las zonas en forma diagonal cada esquina del terreno obteniendo en cada extremo 107,52 m en la línea primaria y 55,05 en la línea secundaria los mismos que dividen para el diámetro del aspersor para hallar las líneas secundarias. En la siguiente figura 19-4 señala las líneas principales.

Figura 19-4: Líneas Principales.

Fuente: Los autores

En la siguiente tabla se expone los parámetros de aspersores.

Tabla 9-4: Parámetros de aspersor

PARÁMETROS DE LOS ASPERSORES				
Características	**Símbolo**	**Fórmula**	**Cálculo**	**Unidad**
Distancia entre emisores	e_1	0,6 x D	0,6 x 20=12	m
Separación entre líneas secundarias(ramales)	e_2	0,6 x D	0,6 x 20 =12	m
Líneas Principales 1	r_{p1}	$\frac{a}{D}$	107,52/100 =1	Ramal
Líneas Principales 2	r_{p2}	$\frac{a}{D}$	55,05/40=1	Ramal
Líneas secundarias 1	r_{s1}	$\frac{l}{0,6\ x\ D} - 1$	$\frac{107.52}{0,6\ x\ 20} - 1$=7	Ramal
Líneas secundarias 2	r_{s1}	$\frac{l}{0,6\ x\ D} - 1$	$\frac{55.05}{0,6\ x\ 20} - 1$=3	Ramal

Fuente: Los autores, 2019

A través de los datos obtenidos en la siguiente figura se exhibe el esquema de distribución de los aspersores.

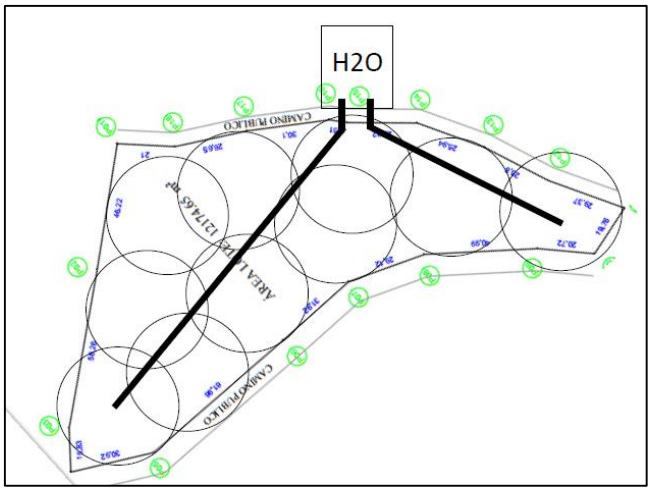


Figura 20-4: Distribución de aspersores.

Fuente: Los autores

Realizado la distribución de los aspersores se observa que se requiere de 10 aspersores circulares.

4.5 Dimensionamiento del desarenador

Para el dimensionamiento del desarenador se debe contar con datos conocidos como el caudal (Q), diámetro de las partículas a sedimentar (a).

El caudal adjudicado a los usuarios del sistema es de 25,6 l/s a considerar para el dimensionamiento, debido a que el canal de derivación tiene esa capacidad, considerando que se podría utilizar la misma infraestructura para futuras obras. El diámetro de las partículas a sedimentar consiste en partículas de arena fina - gruesa d= 0,2 mm.

4.5.1 Cálculo de la velocidad del flujo (v) en el tanque

Utilizando la siguiente fórmula se puede analizar la velocidad con que trabaja el tanque.

$$\boldsymbol{v = a * \sqrt{d}} \qquad \textbf{(6)}$$

Donde:

$a = constante\ en\ funcion\ del\ diámetro.$

$d = diámetro\ de\ la\ partícula\ (mm)$

Tabla 10-4: Diámetro de diseño

Los valores de "a" dependen del diámetro de diseño	
A	d (mm)
51	0,1
44	0,1 – 1
36	1

Fuente: (Bustos, 2015 pág. 17)

Realizado: Autores

Resolviendo:

$$v = 44 * \sqrt{0{,}2} = 19{,}67\ \frac{cm}{s}$$

$$v = 0{,}2\,\frac{m}{s}$$

4.5.2 Cálculo de la velocidad de caída w

Para el cálculo de la velocidad de caída (w) existen varias fórmulas empíricas, tablas y nomogramas, entre las cuales se considera las siguientes:

4.5.2.1 Arkhangelski

Proporciona directamente el valor estimado de la velocidad de sedimentación, a partir del tamaño de la partícula.

Tabla 11-4: Velocidad de sedimentación w

d (mm)	W (cm/s)
0,05	0,178
0,10	0,692
0,15	1,590
0,20	2,160
0,30	2,700
0,35	3,240
0,40	3,780
0,45	4,320
0,50	4,860
0,55	5,400
0,60	5,940
0,70	6,480
0,80	7,320
1,00	8,070
2,00	9,44
3,00	15,29
5,00	19,25

Fuente: (Bustos, 2015 pág. 23)

Realizado por: Los Autores, 2019

Calculando:

$$w = 2{,}16\ \frac{cm}{s}$$

$$w = 0{,}0216 \frac{m}{s}$$

$$\underline{Velocidad\ de\ caida\ de\ la\ párticula}$$

4.5.2.2 Nomograma Stokes y Sellerio

Mediante un nomograma se procede a obtener la velocidad de la partícula mediante el diámetro de la partícula en común

- $w\ \left(\frac{cm}{s}\right)$ en función del diámetro d (mm).

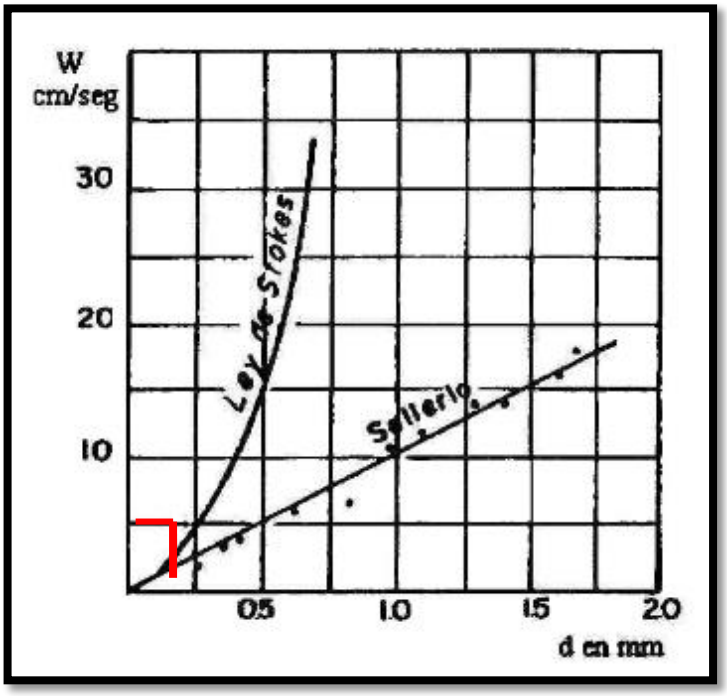


Figura 21-4: Experiencia de Sellerio

Fuente: (Alamo, 2008)

Entonces:

Según Stokes: w= 4 cm/s = 0,04 m/s

Según Sellerio: W=2,5 cm/s = 0,025 m/s

4.5.2.3 Owens propone la siguiente fórmula para el cálculo de la velocidad de las partículas sedimentadas.

$$\boldsymbol{w = K * [d * (p_s - 1)]^{0,5}} \qquad \textbf{(7)}$$

Donde:

$w = velocidad\ de\ sedimentación\ (\frac{m}{s})$

$d = diámetro\ de\ partículas\ \ (m)$

$p_s = peso\ específico\ del\ material\ 1{,}65\ gr/cm^3$

$K = constante\ que\ varia\ de\ acuerdo\ con\ la\ forma\ y\ naturaleza\ de\ los\ granos$

Tabla 12-4: Forma y naturaleza

Forma y naturaleza	K
Arena esférica	9,35
Granos redondeados	8,25
Granos cuarzo d>3mm	6,12
Granos cuarzo d < 0,7mm	1,28

Fuente: (Bustos, 2015 pág. 17)

Realizado: Los autores

Calculando:

$$w = 5 * \left[0{,}0002m * (1{,}65\frac{gr}{cm^3} - 1)\right]^{0{,}5}$$

$$w = 0{,}057\ m/s$$

4.5.2.4 *Scott Fagliem. - Mediante experimentos se deduce la siguiente formula*

$$\boldsymbol{w = 3,8 * d^{0,5} + 8,3 * d} \qquad \textbf{(8)}$$

Donde:

$w = velocidad\ de\ sedimentacion\ (\frac{m}{s})$

$d = diametro\ de\ la\ particula\ (\ m\ )$

$$w = 3{,}8 * (0{,}0002m)^{1{,}5} + 8{,}3 * 0{,}0002m$$

$$w = 0{,}0554\ m/s$$

Para determinar la velocidad del sedimentador se tomará el promedio de w calculados anteriormente.

$$w = \frac{0{,}0216 + 0{,}04 + 0{,}025 + 0{,}057 + 0{,}0554}{5}$$

$$w = 0{,}0398\frac{m}{s}$$

4.5.3 Cálculo de las dimensiones del desarenador

4.5.3.1 Ancho del desarenador

Para calcular el ancho del desarenador se calcula mediante la siguiente formula

$$\boldsymbol{Q = (b * h) * v} \qquad \textbf{(9)}$$

Donde:

$Q = caudal\ de\ diseño$

$b = base\ del\ desarenador$

$h = altura\ del\ desarenador\ (nos\ imponemos\ 0{,}3\ m)$

$v = velocidad\ del\ flujo\ del\ tanque$

$$40\ \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000\ l} = 0{,}04\ \frac{m^3}{s}$$

4.5.3.2 Despejamos b (ancho del desarenador)

$$b = \frac{Q}{h * v}$$

$$b = \frac{0{,}04\frac{m^3}{s}}{0{,}3m * 0{,}2\ m/s}$$

$$b = 0{,}6\ m$$

4.5.3.3 Longitud del desarenador

$$\boldsymbol{L = \frac{h * v}{w}} \qquad \textbf{(10)}$$

$$L = \frac{0{,}3m * 0{,}2\ m/s}{0{,}057\ m/s}$$

$$L = 1{,}05m$$

4.5.3.4 Tiempo de sedimentación

$$\boldsymbol{t = \frac{h}{w} s} \quad \textbf{(11)}$$

$$t = \frac{0{,}3m}{0{,}057}\ s$$

$$t = 5{,}2\ s$$

4.5.3.5 Volúmen conducido en ese tiempo

$$\boldsymbol{V = Q * t} \quad \textbf{(12)}$$

$$V = 0{,}04\ \frac{m}{s} * 5{,}2\ s$$

$$V = 0{,}20\ m^3$$

4.5.3.6 Verificando la capacidad del tiempo

$$\boldsymbol{V = b * h * L} \quad \textbf{(13)}$$

$$V = 0{,}6 * 0{,}3 * 1{,}05$$

$$V = 0{,}2\ m^3$$

<u>Significa que al V tanque ≥ V agua de conducido</u>

$$\mathbf{0,20 \geq 0,2\ \ oK}$$

Para facilitar el lavado del fondo del desarenador se la dará una pendiente del (2-10 %).

4.5.3.7 Cálculo de la longitud total del tiempo desarenador ($\boldsymbol{L_{total}}$)

$$\boldsymbol{L_{total} = 2 * L_{total\ tanque} + L} \quad \textbf{(14)}$$

$$L_{total} = 2 * 0{,}6 + 1{,}05$$

$$L_{total} = 2{,}2m$$

4.5.3.8 Cálculo de la caída del fondo

$$\Delta_2 = \boldsymbol{L} * \boldsymbol{S} \quad \textbf{(15)}$$

Donde:

$\boldsymbol{L} = Longitud\ del\ deserenador$

$\boldsymbol{s} = pendiente\ del\ fondo\ del\ deserenado\ (10\%)$

$$\Delta_2 = (L\ ) * (\ 0{,}10)$$

$$\Delta_2 = (\ 1{,}05m\ ) * (\ 0{,}10)$$

$$\Delta_2 = 0{,}115\ m$$

4.5.3.9 Cálculo de la precipitación de la caída del desarenador para el sedimento

$$\boldsymbol{H} = \boldsymbol{h} + \Delta_2 \quad \textbf{(16)}$$

$$H = 0{,}3 + 0{,}115m$$

$$H = 0{,}42m$$

4.5.3.10 Cálculo de las dimensiones de la compuerta lavado

$$\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{Cd} * \boldsymbol{A_0} * (\ \boldsymbol{2g} * \boldsymbol{H})^{\boldsymbol{0{,}5}} \quad \textbf{(17)}$$

Donde:

$Q = caudal\ a\ descarga\ del\ orificio$

$Cd = coeficiente\ de\ descarga$

$A_0 = área\ de\ orificio$

$H = carga\ sobre\ el\ orificio$

$g = aceleración\ de\ la\ gravedad\ 9{,}81\ m/s^2$

$$A_0 = \frac{Q}{Cd * (\,2g * H)^{0,5}}$$

$$A_0 = \frac{0,04\ m^3/s}{0,6 * \left[2 * \left(9,81\frac{w}{s^2}\right) * 0,42m\right]^{0,5}}$$

$$A_0 = 0,023\ m^2$$

4.5.3.11 Cálculo del diámetro del desagüe del desarenador

$$\boldsymbol{d} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{A_0 * 4}}{\boldsymbol{\pi}}} \qquad \textbf{(18)}$$

$$d = \sqrt{\frac{0,023\ m^2 * 4}{\pi}}$$

$$d = 0,17m$$

4.5.4 Dimensionamiento del estanque

Como es lógico pensar, se buscó el punto "más alto" del sector típico en el que puede implantarse un estanque para el sistema de riego tecnificado. El reservorio será construido manual, por otro lado, para diseñar el estanque de reserva se deberá considerar las necesidades de agua de la planta en sus distintas etapas de desarrollo, con el objetivo de conocer el mayor volumen de agua que deberá almacenarse. El volumen necesario para abastecer el sistema de riego es de 34 m^3.

Se considera que el tiempo de llenado de la cámara será de 3 horas, este tiempo es dato entregado por el propietario de esta manera se procederá al dimensionamiento del mismo con un caudal de requerimiento para el sistema de riego de $Q = 2,29\ lt/s$.

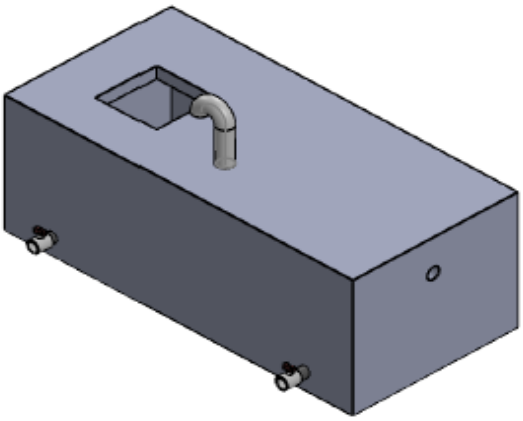


Figura 22-4: Estanque del sistema de riego

Fuente: Autores

4.5.4.1 Cálculo del volumen del tanque

$$\boldsymbol{v = t * Q} \tag{19}$$

Donde:

$v = volumen\ del\ estanque\ [m^3]$

$t = tiempo[s]$

$Q = caudal\ de\ trabajo[\frac{lt}{s}]$

$$v = 10800\ s * 2{,}29\frac{lt}{s}$$

$$v = 24732\ lt \sim 24{,}73\ m^3$$

- Asumiremos una altura h= 2,12 m y las demás dimensiones se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{A = \frac{v}{h}} \tag{20}$$

Donde:

$A = área\ del\ estanque\ [m^2]$

$v = volumen\ [m^3]$

$h = altura\ [m]$

$$A = \frac{24{,}73m^3}{2{,}12\ m}$$

$$A = 11{,}67\ m^2$$

4.5.4.2 Encontramos el valor de b

$$\boldsymbol{A = a * b} \tag{21}$$

Donde:

$a = base\ del\ estanque\ [m]$

$b = profundidad\ [m]$

$$11{,}67m^2 = 5{,}8m * a$$

$$b = 2{,}7m$$

Las dimensiones del tanque reservorio queda calculado de la siguiente manera a= 5,8 m * b= 2,7 m * h= 2,12 m, mediante este diseño se logrará un caudal necesario para abastecer el sistema de riego.

4.6 Determinación del número de aspersores según el caudal de consumo

Para la distribución de aspersores se considerará los datos

$$\boldsymbol{N_a = \frac{Q_c}{Q_{pa}}} \tag{22}$$

Donde:

$Q_c = consumo\ del\ sistema$

$Q_{pa} = caudal\ entregado\ por\ el\ aspersor$

$$N_a = \frac{2{,}29\ l/s}{0{,}32\ l/s}$$

$$N_a = 9,56\ unidades \sim 10\ unidades$$

La distribución de los aspersores en el lote se muestra en la figura 20-4, para ello se considerará el alcance que tenga el aspersor que es de Da = 13 m. Los diez aspersores son móviles estos serán colocados en una fila, la cual luego de haber cumplido con su tiempo de riego que serán movidos hasta cubrir el área a regar.

4.6.1 Cálculo del caudal absorbido por los aspersores

El valor del caudal es indispensable conocer para saber la eficiencia del sistema de riego, se calcula mediante dos puntos donde debe constar una diferencia de energía aquel valor que permite mover la cantidad de líquido adecuado que debe oponerse a la rugosidad y viscosidad esto definirá si es de régimen laminar, transicional y turbulento.

$$\boldsymbol{Q_T = 10Q_A} \quad \textbf{(23)}$$

Donde:

$Q_A =$ Caudal entregado por el aspersor

$$Q_T = 10(1{,}150\ m^3/h)$$

$$Q_T = 11{,}5\ \ m^3/h$$

El caudal de todos los aspersores del sistema de riego en galones por minuto que tiene que entregar el sistema de gravedad a todo el sistema.

$$Q_T = 11{,}5\ \ m^3/h$$

$$Q_T = 11{,}5\ \frac{m^3}{h} * \frac{264{,}2\ gal}{1m^3} * \frac{1h}{60\ min}$$

$$Q_T = 50{,}63\ gal/min$$

En el ANEXO 7 se expone el diámetro de la tubería. En este caso por ser un sistema de riego por aspersión mediante gravedad se considera la tubería de succión de ¾ de pulgada procediendo a transformar en metros.

$$d_{sd} = \frac{3}{4} pulgadas * \frac{2{,}54cm}{1pulg} * \frac{1m}{100cm}$$

$$d_{sd} = 0{,}01905\ m$$

Como trata de un sistema por gravedad la velocidad de succión es igual al de la descarga

$$V_s = \frac{Q_T}{\pi(d_{sd})^2}$$

$$V_s = \frac{11{,}5\ \ m^3/h}{\pi(0{,}01905\ m)^2}$$

$$V_s = 30529{,}50\ \frac{m}{h}$$

$$V_s = 8{,}48 \frac{m}{s}$$

4.6.2 Pérdida de fricción en el flujo turbulento

Cuando hay flujo turbulento es conveniente utilizar la ecuación de Darcy para calcular las pérdidas de energía debido a la fricción. El flujo turbulento es caótico y varia en forma constante, por esta razón para determinar el valor de f debemos recurrir a los datos experimentales.

$$\boldsymbol{N_R = \frac{v * D}{\upsilon}} \quad \textbf{(24)}$$

Donde:

$v = Velocidad\ de\ succión\ [\frac{m}{s}]$

$D = Diametro\ de\ a\ tuberia\ [m]$

$\upsilon = Viscocidad\ cinematica\ [m^2/s]$

4.6.3 Cálculo de la viscosidad cinemática

Muchos cálculos de la dinámica de fluidos involucran la razón de la viscosidad dinámica en la densidad del fluido se define como:

$$\boldsymbol{\upsilon = \frac{\eta}{\rho}} \quad \textbf{(25)}$$

Donde:

$\eta = viscocidad\ dinámica\ [Pa.s]$

$\rho = densidad\ del\ agua\ \boldsymbol{ANEXO\ A6}$

$$\upsilon = \frac{1{,}30 * 10^{-3} Pa.s}{1000\ kg/m^3}$$

$$\upsilon = 1{,}3 * 10^{-6}\ m^2/s$$

- Mediante estos datos calculados se puede determinar el número de Reynolds

$$N_R = \frac{8{,}48 \frac{m}{s} * 0{,}01905\ m}{1{,}3 * 10^{-6}\ m^2/s}$$

$$N_R = 1{,}242 * 10^5$$

Criterios:

Si $N_R < 2000$ es flujo laminar

Si $N_R > 4000$ es flujo turbulento

<u>Debido a que el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo es turbulento.</u>

4.6.4 Rugosidad Relativa

Debe observar que debido a que la rugosidad relativa se le define como D/ε un valor alto de ella indica un valor bajo de ε, es decir una tubería lisa. El diagrama de Moody se utiliza para determinar el valor del factor de fricción f para el flujo turbulento.

$$\boldsymbol{R_r = \frac{D}{\varepsilon}} \tag{26}$$

$$R_r = \frac{0{,}0190m}{3{,}0 * 10^{-7}\ m}$$

$$R_r = 63500$$

Uno de los métodos más utilizados para evaluar el factor de fricción emplea el diagrama de Moody, este diagrama muestra la gráfica del factor de fricción f versus el número de Reynolds N_R con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relatividad.

4.6.5 Factor de fricción para el flujo turbulento

La ecuación produce valores de f que están $\pm 10\%$ dentro del rango de la rugosidad de 100 a $1{*}10^6$ esta es virtualmente la zona de turbulento.

Para calcular el valor del factor de fricción f cuando se conoce el número de Reynolds y la rugosidad relativa, se emplea la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{f = \frac{0,25}{\left[log\left(\frac{1}{3,7(\frac{D}{\varepsilon})} + \frac{5,74}{{N_R}^{0.9}}\right)\right]^2}} \tag{27}$$

$$f = \frac{0{,}25}{\left[log\left(\frac{1}{3{,}7(\frac{0{,}01905\ m}{3{,}0 * 10^{-7}})} + \frac{5{,}74}{(1{,}242 * 10^5)^{0.9}}\right)\right]^2}$$

$f = 0{,}017$ **Ver Anexo A7**

4.6.6 Ecuación de Darcy para calcular la pérdida de energía

Al término h_L se le definió como la pérdida de energía en el sistema, una componente de la perdida de energía es la fricción en el fluido que circula, que es proporcional a la carga de velocidad del flujo y a la relación de la longitud al diámetro.

$$\boldsymbol{h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}} \qquad \textbf{(28)}$$

Donde:

$L = Longitud\ de\ la\ corriente\ del\ flujo\ [m]$

$v = velocidad\ del\ flujo\ promedio\ \left[\frac{m}{s}\right]$ ***Anexo A8***

$f = factor\ de\ friccion\ (adimensional)$

$g = 9{,}81\ gravedad\ [\frac{m}{s^2}]$

$$h_L = 0{,}017 * \frac{12m}{0{,}01905m} * \frac{(1{,}8\ m/s)^2}{2 * 9{,}81m/s^2}$$

$$h_L = 1{,}77\ m$$

Esto significa que se pierde $1{,}77\ m$ por cada newton de agua mientras circula a lo largo de 12 m de la tubería.

4.6.7 Conservación de la energía – Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli asevera que la energía total por unidad de peso del fluido incompresible se mantiene constante a lo largo de una línea de corriente, considerando que no existe perdidas por fricción como tampoco aportes de energía. Este es el enunciado de la ley de la conservación de la energía.

Si no hay energía que se agregue o pierda en el fluido entre las secciones 1 y 2, entonces el principio de conservación de la energía requiere que:$E_1 + h_A + h_R + h_L = E_2$

Así, la ecuación se convierte en:

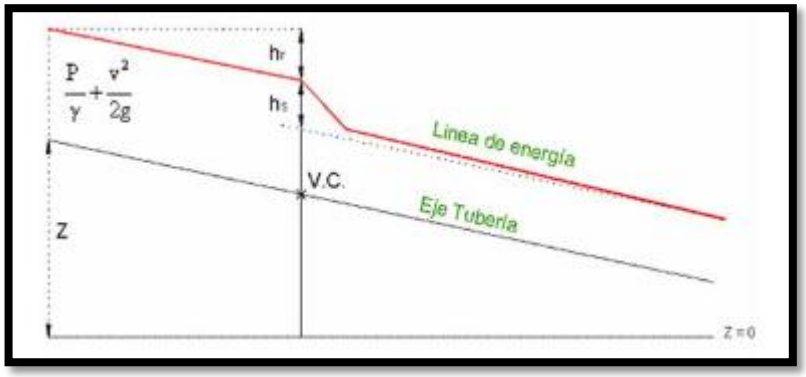


Figura 23-4: Estructura de la ecuación de Bernoulli

Fuente: Autores

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{{v_1}^2}{2g} + h_A + h_R + h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{{v_2}^2}{2g} \quad (29)$$

La velocidad de flujo del tanque, depende de la diferencia de elevación entre la superficie libre del fluido y la salida del tanque. El fluido sale por un lado del tanque a través de una tubería suave y redondeada. Para determinar la velocidad del flujo en éste sistema y la presión en el punto 2, se escribe la ecuación de Bemoulli entre un punto de referencia en la superficie del fluido

Para calcular la velocidad de salida en el punto 2 se aplica el teorema de Torricelli

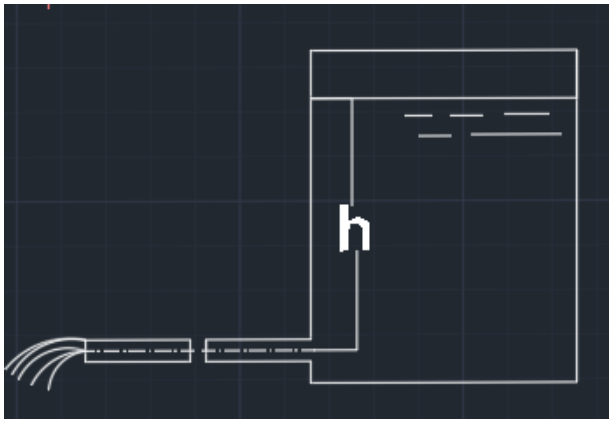


Figura 24-4: Diagrama de succión

Fuente: Los Autores

$$v_2 = \sqrt{2 * g * h} \quad (30)$$

$$v_2 = \sqrt{2 * \frac{9{,}81m}{s^2} * 1{,}29m}$$

$$v_2 = 5{,}03\ m/s$$

- Entonces con este valor de v_2 podemos aplicar en la ecuación de Bernoulli, sin embargo $P_1 = P_2 = v_1 = 0$ es aproximadamente cero

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + Z_1 + \cancel{\frac{{v_1}^2}{2g}} + \cancel{h_A} + \cancel{h_R} + \cancel{h_L} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{{v_2}^2}{2g}$$

Donde:

$\gamma = peso\ especifico\ del\ agua$ $\boldsymbol{Ver\ ANEXO\ A9}$

$$(Z_1 - Z_2) = 1{,}29\ m$$

- Despejando la presión en la siguiente ecuación

$$Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{{v_2}^2}{2g}$$

$$P_2 = \gamma(Z_1 - Z_2) - \frac{{v_2}^2}{2g}$$

$$P_2 = 9{,}81\frac{kN}{m^3} * 1{,}29m - \frac{(5{,}03m/s)^2}{2 * 9{,}81m/s^2}$$

$$P_2 = 11{,}36\ kN.m^2$$

$$P_2 = 11{,}36\ kPa$$

4.6.8 Pérdidas de energía del sistema por fricción de accesorios

El cálculo de h_L que son las pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios.

$$\boldsymbol{h_L = k * \frac{{v_1}^2}{2g}} \qquad \textbf{(31)}$$

Donde:

$k = coeficiente\ de\ resistencia\ de\ accesorios$

La pérdida de energía que tiene lugar cuando el fluido circula por una válvula o acoplamiento se calcula mediante la siguiente ecuación, como ya se estudió para las pérdidas menores. Sin embargo, el método para determinar el coeficiente de resistencia K es diferente. El valor de K se calcula de la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{k = \frac{L_e}{D} * f_t} \qquad \textbf{(32)}$$

Donde:

$\frac{L_e}{D} = Relación\ de\ longitud\ equivalente\ \boldsymbol{Ver\ Anexo\ A10}$

$f_t =\ Factor\ de\ fricción\ en\ la\ tubería\ a\ la\ que\ está\ conectada\ la\ válvula$

$o\ acoplamiento\ \boldsymbol{VER\ ANEXO\ A11}$

$$k = 20 * 0{,}025$$

$$k =\ 0{,}5$$

- **Mediante la siguiente expresión se calcula las pérdidas de fricción por accesorios (T)**

$$h_L = k * \frac{{v_1}^2}{2g}$$

$$h_L = 0{,}5 * \frac{(5{,}03\ m/s)^2}{2 * 9{,}81 m/s^2}$$

$$h_L = 0{,}64\ m$$

$$h_L = 0{,}64\ m * 10\ aspersores$$

$$h_L = 6{,}44\ m\ (Te\ estandar\ de\ flujo\ directo)$$

- **Cálculo de las pérdidas de fricción de accesorios (llaves de paso)**

$$h_{Llaves} = k * \frac{{v_1}^2}{2g}$$

$$k = \frac{L_e}{D} * f_t$$

$$k = 35 * 0{,}025$$

$$k = 0{,}875$$

$$h_{Llaves} = 0{,}875 * \frac{(5{,}03\ m/s)^2}{2 * 9{,}81 m/s^2}$$

$$h_{Llaves} = 1{,}128\ m$$

$$h_{Llaves} = 1{,}128\ m * (2\ llaves\ de\ globo\ abierta\ por\ completo)$$

$$h_{Llaves} = 2{,}256\ m$$

- **Cálculo de las pérdidas de fricción de accesorios (codo roscado a 90°)**

$$h_{codos} = k * \frac{{v_1}^2}{2g}$$

$$k = \frac{L_e}{D} * f_t$$

$$k = 50 * 0{,}025$$

$$k = 1{,}25$$

$$h_{codos} = 1{,}25 * \frac{(5{,}03\ m/s)^2}{2 * 9{,}81 m/s^2}$$

$$h_{codos} = 1{,}61\ m$$

$$h_{codos} = 1{,}61 * (10\ codos)$$

$$h_{codos} = 16{,}11\ m$$

- **Cálculo de las pérdidas de fricción de accesorios (unión roscable)**

$$h_{union} = k * \frac{{v_1}^2}{2g}$$

$$k = \frac{L_e}{D} * f_t$$

$$k = 0{,}027 * 0{,}025$$

$$k = 6{,}75 * 10^{-4}$$

$$h_{unio} = 6{,}75 * 10^{-4} * \frac{(5{,}03\ m/s)^2}{2 * 9{,}81 m/s^2}$$

$$h_{union} = 8{,}70 * 10^{-4} m$$

$$h_{union} = 8{,}70 * 10^{-4} * (10\ uniones)$$

$$h_{union} = 8{,}70 * 10^{-3} m$$

- **Pérdidas de accesorios totales**

$$h_{totales} = 1{,}77\ m + 6{,}44\ m + 2{,}256\ m + 16{,}11\ m + 8{,}70 * 10^{-3} m$$

$$h_{totales} = 26{,}57\ m$$

Diagrama del sistema de aspersión con sus respectivos elementos

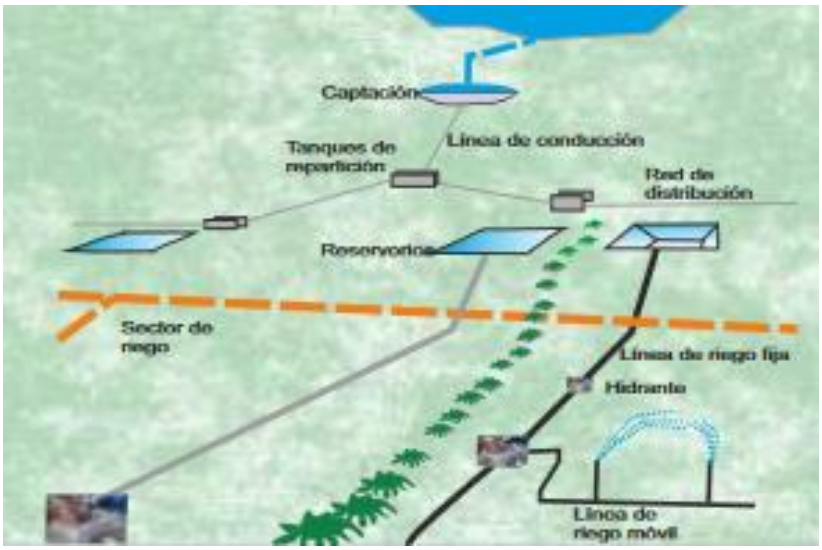


Figura 25-4: Sistema de riego mediante aspersión

Fuente: (Mott, y otros, 2006)

4.7 Optimización y evaluación del sistema

En Ingeniería, el principal objetivo de la optimización es encontrar la "mejor" solución a un problema en términos de calidad, coste, fiabilidad o cualquier otro criterio de utilidad.

La finalidad de dicho apartado consiste en la búsqueda detallada de acciones que permitan optimizar el sistema en sus diferentes fases, permitiendo así el mayor rendimiento en el diseño e instalada.

4.7.1 Diseño hidráulico y operaciones del sistema de riego

En dicho apartado se seleccionarán una serie de elementos tales como tipo de sistema de riego, tuberías principales, secundarias y terciarias, selección de aspersores que cumplan con el caudal requerido. Dicho proyecto contara con sistema de riego de tipo fijo con tuberías de polietileno. Así mismo las tuberías se trazarán en función de la pendiente del terreno permitiendo mayores niveles de presión y por consiguiente mayor diámetro de alcance de los aspersores.

4.7.1.1 Dimensionamiento óptimo del tanque reservorio

Los tanques son las estructuras encargadas de almacenar el agua para el sistema proveniente de la red principal o tubería, muy necesarios cuando empieza la época de estiaje y la falta de agua se convierte en un factor determinarte para el éxito de la cosecha. También son de suma importancia al momento de considerar el sistema de conducción para mejorar la velocidad de distribución del agua y reducir las pérdidas. En el caso de la hacienda La Delicia cuenta con la construcción de un reservorio con dimensiones de 5,80 metros de longitud, 2,12 metros de ancho y 2,76 metros de profundidad.

Figura 26-4: Construcción del tanque reservorio

Fuente: Autores, 2019

4.7.1.2 Diámetro de trabajo de la tubería

Se va a utilizar un material de tuberías diferente dependiendo del diámetro de la tubería, para tuberías fijas y que van enterradas se va a utilizar tuberías de plástico o PVC debido a la economía que representa su instalación y facilidad de instalación. Sobre las tuberías se conectan los aspersores a intervalos regulares, dependiendo el diseño del sistema. Las tuberías además contienen una llave de paso y pueden estar conectadas a dispositivos especiales como limitador de caudal y regulador de presión.

Figura 27-4: Red de tuberías

Fuente: Autores, 2019

4.7.1.3 Selección de aspersores

Es el componente del sistema que aplica el agua al suelo. El tamaño de área mojada de un aspersor es función de la presión de trabajo del mismo, del tamaño del tipo de aspersor, ángulo y diámetro de las boquillas. En este orden de ideas se toma en consideración el aspersor Naandajain 5022 SD.

Figura 28-4: Naandajain 5022 SD

Fuente: Autores, 2019

4.7.1.4 Diseño del Porta aspersores

Son los elementos de unión entre el aspersor y el ramal de aspersión. Generalmente constan del tubo porta aspersor, el acoplamiento o enlaces rápido y un estabilizador para mantener el tubo y el aspersor en posición vertical.

- El tubo porta aspersor se fabrica en acero galvanizado, aluminio y cada vez más en material plástico rígido. Su longitud es variable y depende de la altura del cultivo que se vaya a regar; así, los tubos más utilizados son de 0,25-0,5-1-1,5 y 2 metros de longitud. Los diámetros comerciales de estos tubos están comprendidos entre 0,5 y 1 pulgadas (19-25 mm). En instalaciones con terrenos muy ondulados es conveniente utilizar reguladores de presión que garanticen presiones uniformes en los aspersores; estos reguladores van instalados en el interior del tubo porta aspersor.
- Los acoplamientos o enlaces rápidos se utilizan con objeto de facilitar la conexión y desconexión del tubo porta aspersor al ramal de aspersión y hacer posibles dichas operaciones sin detener el funcionamiento de la instalación, lo cual permite también revisar los aspersores o bien trasladarlos a otro ramal.

Figura 29-4: Diseño del porta aspersor

Fuente: Autores, 2019

La separación entre los aspersores del mismo ramal de aspersión depende muchísimo para un riego óptimo ya que garantizara un pastizal de mejor calidad y determina un mejor solape entre las zonas regadas por aspersores contiguos, el objetivo de esto es conseguir una lluvia uniforme mediante el adecuado tipo de aspersor, tratando de evitar que las zonas más alejadas de los aspersores reciban menos agua.

4.7.1.5 Marco triangular

El marco es la separación entre los aspersores del mismo ramal de aspersión y entre dos ramales consecutivos se puede calcular mediante la siguiente fórmula.

$$\boldsymbol{S_r = D_a * D_r} \qquad \textbf{(33)}$$

Donde:

$S_r = Superficie\ de\ riego\ óptimo$

$D_a = Distancia\ entre\ aspersores$

$D_r = Distnacia\ entre\ ramales$

$$S_r = 12m * 12m$$

$$S_r = 144\ m^2$$

Con cualquiera de los marcos, las distancias mayores pueden presentar mayores problemas de aplicación del agua cuando hay viento pues, aunque el alcance de los aspersores sea suficiente el chorro se verá más alterado.

4.7.1.6 Lluvia media del sistema

Es la intensidad de lluvia que se aplica con una instalación de riego por aspersión, suponiendo que el agua se reparte de manera completamente uniforme. Se suele expresar en milímetros por hora (mm/h). Para calcularla es preciso saber el caudal que suministran los aspersores y la superficie que riega cada uno de ellos:

$$\boldsymbol{Lluvia\ media\ = \frac{Caudal\ (\frac{litros}{hora})}{Superficie\ \ (metros\ cuadrado)}} \qquad \textbf{(34)}$$

$$Lluvia\ media = \frac{1150\,\frac{litros}{h}}{144\ m^2}$$

$$Lluvia\ media = 7{,}98\ mm/h$$

Cuando se diseña un sistema de riego por aspersión es muy importante tener en cuenta que la lluvia media del sistema debe ser menor que la velocidad de infiltración del suelo, pues de lo contrario éste no podrá infiltrar el agua que aplican los aspersores y se producirán pérdidas por escorrentía.

A su vez, si el terreno tiene pendiente, el agua de escorrentía puede provocar la erosión y pérdida tanto de suelo como de los nutrientes que se encuentran en las capas más superficiales.

4.7.1.7 Evaluación de los componentes de la instalación

Básicamente consistirá en realizar una inspección a simple vista de los componentes del sistema, desde tuberías, juntas, elementos de control, piezas especiales, etc. En primer lugar, se comprobará si los aspersores son idénticos en marca, modelo, tipo y diámetro de boquillas y altura. Es fundamental que, al menos, los aspersores instalados en un mismo ramal de aspersión sean idénticos. Se comprobará la existencia de fugas en las juntas entre tubos de aspersión y cualquier elemento de la instalación, principalmente en las conexiones a la toma o bocas de riego.

4.7.2 Eficiencia de Aplicación Óptima del sistema de riego

Con el coeficiente de uniformidad calculado con una sencilla evaluación del sistema de riego, se puede obtener información necesaria para la programación de los riegos. Especialmente, se puede estimar la eficiencia de aplicación que el sistema de riego puede proporcionar sin que el cultivo sufra una caída de la producción y sin aplicar más agua de la necesaria. La eficiencia de aplicación máxima que se puede conseguir con el sistema de riego sin introducir modificaciones que afecten a su diseño, se denomina eficiencia de aplicación óptima del sistema y será la que se utilizará para programar riegos.

Resultado

El diseño de la instalación de riego por aspersión está encaminado a determinar la capacidad del sistema y su aptitud para ser usado en diferentes cultivos. Puede dividirse en el diseño agronómico, donde se analizan aspectos relacionados con el clima, los cultivos, el suelo y costes de explotación, entre otros; y el diseño hidráulico, con el que se llegarán a determinar las dimensiones y características de los componentes de la instalación. Es una labor destinada a personal técnico cualificado, aunque es deseable que el agricultor conozca el proceso de diseño y colabore tomando decisiones según sus criterios.

4.8 Mantenimiento del sistema de riego por aspersión

Un equipo de riego por aspersión operado correctamente es una ventaja, este sistema de riego fue diseñado para aplicar agua de riego satisfaciendo las necesidades del cultivo y sin causar erosión o escurrimiento. La vida útil de este sistema se estima en por lo menos 10 años, dando lugar a que este sistema se puede asegurar y normalmente aumentar al desarrollar o ejecutar un buen programa de operación y mantenimiento.

Un sistema de riego por aspersión requiere mantenimiento periódico y una adecuada operación para obtener un funcionamiento satisfactorio, dando a conocer algunas recomendaciones de los diferentes sistemas para el desarrollo de un buen programa de operación y mantenimiento.

4.8.1 El depósito de materiales y partes

Cuando se presentan daños en el sistema de riego y no se tiene a mano materiales y piezas de reparación, el tiempo que tarda en restablecerse o normalizarse el servicio causa perjuicios que pueden llegar a ser severos. También las reparaciones improvisadas, realizadas sin los elementos apropiados, no son seguras y generalmente dan lugar a daños más graves. Un sistema de riego

bien organizado debe disponer de un depósito de materiales, partes y accesorios para poder realizar reparaciones con apropiada agilidad.

Figura 30-4: Tubería de la línea principal

Fuente: Autores, 2019

Cuando por cualquier razón se produce daño, pérdida o deterioro de los componentes de las líneas de riego, es conveniente facilitar al usuario su compra en el mismo depósito, evitándole el costo del viaje y la pérdida de tiempo. Se sugiere disponer de lo siguiente: Hidrantes, llaves bayoneta, aspersores, manguera de polietileno, etc.

4.8.2 Vigilancia del sistema

El funcionamiento del sistema de riego debe controlarse permanentemente, el operador es la persona encargada de esta labor, al que se le incluyen tanto el chequeo de las obras de toda la red, como la supervisión del uso del riego a nivel de cada predio y del estado de los equipos de aplicación.

Figura 31-4: Inspección del funcionamiento del aspersor

Fuente: Autores, 2019

4.8.3 Control de malezas

El crecimiento de malezas junto a las estructuras de concreto y a los accesorios para la operación del sistema, puede causar daños a los mismos y altos costos de reparación, además de que el funcionamiento normal del sistema se ve afectado.

Figura 32-4: Limpieza de malezas
Fuente: Autores, 2019

La manera corriente de eliminar las malezas es mediante el uso de herramientas manuales, pero no debe desestimarse la posibilidad de emplear químicos, especialmente en zonas grandes y donde el crecimiento de melazas es rápido, siempre y cuando se extremen las precauciones en el almacenamiento de los productos, dosificación y efectos sobre el medio ambiente.

4.8.4 Limpieza y extracción de sedimentos

Se realiza en las bocatomas laterales, con herramientas manuales, su finalidad es la de mantener libre de arena y otros materiales desechables en las zonas principales del sistema de riego.

Figura 33-4: Limpieza del desarenador
Fuente: Autores, 2019

En las bocatomas de fondo no se hace necesaria esta labor, también se realiza en los desarenadores y cámaras rompe presión, mediante la apertura de la válvula de lavado o sistemas de limpia rebose. Como norma general se debe hacer esta labor tan frecuentemente como sea posible, para que la concentración de sedimentos sea mínima en cada oportunidad.

Figura 34-4: Limpieza del desarenador

Fuente: Autores, 2019

4.8.5 Reparación de tuberías y accesorios

En general, conviene tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Determinar con precisión la naturaleza del daño, los repuestos y herramientas necesarias.
- Informar a los usuarios del tramo afectado y suspender el servicio.

Figura 35-4: Mantenimiento de elementos

Fuente: Autores, 2019

- Descubrir la tubería en una longitud suficiente para no forzarla durante la reparación.

Figura 36-4: Mantenimiento de tuberías

Fuente: Autores, 2019

- No realizar reparaciones improvisadas o temporales.
- La reparación debe ser dirigida por una persona autorizada y conocedora del manejo del sistema. Muchas personas opinando, sólo producen confusión y malos resultados.

Figura 37-4: Inspección de funcionamiento de tuberías

Fuente: Autores, 2019

- Se debe comprobar el buen resultado de la reparación antes de proceder a tapar las tuberías (prueba hidráulica).

4.8.6 Reparación de concretos

Además de precisar las características y requerimientos de la reparación, se debe informar a los usuarios y encargar la ejecución a una persona experta, conviene tener en cuenta el uso de productos aditivos existentes en el mercado para algunos casos especiales, como la adherencia entre el concreto nuevo y el viejo, el sellado de fisuras en los canales, la impermeabilización de

tanques y el acelerado del fraguado, cuando se requiere restablecer rápidamente el servicio después de una reparación.

Figura 38-4: Observación de la estructura de concreto

Fuente: Autores, 2019

4.9 Procedimiento seguro para la construcción del tanque de agua para un sistema de riego por aspersión.

Identificación de Cambios			
Edición	**Fecha**	**Cambio**	**Página / Numeral**
01	23-JUL-2019	Creación y Aprobación del Documento	NA

4.9.1 Objetivo

Fijar las pautas y establecer los requisitos a seguir para trabajar en la construcción del estanque con el fin de proteger la integridad del operario, la seguridad y salud del personal, durante su construcción y otros peligros asociados a estas actividades con la finalidad de minimizar las posibles situaciones de peligro.

4.9.2 Alcance

Este procedimiento es aplicable a todos hacendados aledaños en la Quinta La Delicia, cuando se realicen trabajos de construcción de elementos para la instalación de un sistema de riego para la misma dentro o fuera de sus instalaciones.

4.9.3 Definiciones y abreviaturas

- **Selección del sitio**
- Es ideal considerar en los aspectos constructivos del reservorio el punto más alto de la finca, de modo que el agua pueda llegar desde este punto hasta cualquier lugar de la propiedad. Sin embargo, no siempre es posible tener las condiciones adecuadas para lograr lo anterior. Si la estructura solo puede ubicarse en un punto muy bajo, será necesario considerar la implementación de bombeo.
- La selección del sitio adecuado es clave para el éxito del reservorio. Debe tomarse en cuenta la topografía del terreno, la textura del suelo, el destino donde se usará el agua y la disponibilidad de la fuente de agua
- **Topografía**
- La ubicación ideal para un reservorio es una depresión natural ancha y plana con una garganta estrecha en el extremo inferior, que permita embalsar el agua con una represa transversal. El sitio más económico es el que permite represar la mayor cantidad de agua, con profundidad suficiente, usando la represa de menor tamaño y con el mínimo movimiento de tierra.
- **Textura del suelo**
- Es preferible construir los estanques en suelos de texturas arcillosas, que al compactarse adquieren cierta impermeabilidad y estabilidad; sin embargo, si se emplean geomenbrana de PVC o plástico, pueden construirse en suelos de texturas francas y arenosas. Los afloramientos de rocas, grava o arena, pueden causar problemas por la excesiva infiltración y por el debilitamiento de las estructuras, por lo que deben evitarse en lo posible, o bien, recubrirse con materiales impermeables y resistentes antes de construir el embalse.
- **Ubicación**
- Debe procurarse la ubicación más ventajosa, de acuerdo con el uso del agua, para evitar la necesidad de bombeo. Si el estanque es para abastecer abrevaderos o agricultura, es ideal utilizar la gravedad para el transporte del agua, por lo que conviene ubicarlo en una zona elevada de la finca, pero con suficiente área de captación para llenarlo en invierno. En fincas extensas y en áreas planas es inevitable el uso de bombas.
- En caso de querer utilizar un reservorio, cuya fuente de agua sea un techo, es conveniente ubicarlo cerca de la construcción, para reducir costos en las tuberías de transporte del agua. De igual forma, el reservorio debe estar ubicado lo más cerca posible del lugar donde se utilizará el agua.
- **Fuente de agua y área de drenaje**
- Si el estanque se llena con agua de escorrentía, es preferible que ésta provenga de pastizales cercados, con buena cobertura, para reducir el arrastre de sedimentos. En caso que la cantidad de

sedimentos arrastrados sea alta, puede construirse una caja de sedimentación a la entrada del embalse.

- Otra manera de contener los sedimentos es realizando prácticas de control de erosión en el terreno, como es el establecimiento de barreras de contorno, montículos en contorno o medias lunas, barreras vivas, entre otros.
- **Definición del volumen de agua posible de capturar**
- La posibilidad de capturar agua de lluvia combina muchas variables. Destacan la pendiente del terreno, que idealmente no debe ser menor de 3 ó 5 por ciento, la precipitación acumulada anual caída en el sitio, el área de captación de aguas y la posibilidad de almacenamiento.
- **Capacidad de almacenamiento**
- Para determinar el volumen de agua requerido, debe tenerse en cuenta el uso que se le dará a ella, así como las pérdidas por evaporación e infiltración y el agua de reserva. Si el estanque es de forma geométrica no hay ninguna dificultad para calcular el volumen, ya que se usan los cálculos de geometría general, si es de forma irregular, se debe hacer el levantamiento topográfico (con teodolito o estación total) para posteriormente estimar el volumen.

4.9.4 Responsabilidades

Los responsables de la implementación de este Procedimiento:

Los estudiantes tesistas a cargo de la investigación.

El propietario de la Hacienda La Delicia.

Comité Paritario de Seguridad y Salud Ocupacional.

4.9.5 Procedimiento

4.9.5.1 Antecedentes

El Sector solicitante deberá designar una persona como supervisor obra.

Deberá comprobarse que los operarios han recibido formación teórico- práctica en materia de prevención a través del servicio de prevención ajeno, del servicio de prevención propio o de una entidad acreditada, y conocen el oficio o están supervisados por alguien que lo conoce -.

4.9.5.2 Responsabilidad del supervisor de HSE

- Elaborar y firmar el Permiso de Trabajo.
- Coordinaciones preliminares de supervisores y maestros de obra correspondientes a cada frente de trabajo.
- Charla de 5 minutos del trabajo a realizar y difusión del procedimiento a los trabajadores experimentados, entrenados y calificados.

- Revisión de todos los implementos de protección personal.
- Analizar los peligros asociados con esta tarea e imprimir el Reporte de Actividades desde el programa de Inclusión de Peligros, para adjuntarlo al Permiso de Trabajo y hacérselos conocer a todo el personal que realice las actividades específicas o que después deba ingresar a la misma.
- Antes del inicio de la fundición se elaborará un ordenamiento y planificación de la obra la que contará con las medidas de protección de las zonas adyacentes
- Inspeccionar el área de trabajo diariamente antes de comenzar el trabajo, durante cada cambio de turno, o en cada cambio de condición meteorológica u otra circunstancia, que puedan hacerla insegura.

4.9.5.3 Responsabilidad del personal

- El Jefe de Terreno y/o maestro de obra, verificará el estricto cumplimiento de los Estándares y Procedimiento de Trabajo Seguro.
- Ingresar a la zona de trabajo, sólo después que el supervisor de HSE ha dado el visto bueno.
- Inspección general y limpieza de la zona.
- Verificar y/o señalizar el área de trabajo.
- Mantener en todo momento el área libre de residuos o elementos de construcción que no corresponden a la actividad.
- Realizar el armado del encofrado con la participación de por lo menos 02 trabajadores.
- Usar sogas para ascender o descender tablas o plataformas de encofrado en caso de ser necesario.
- Verificar que las juntas del encofrado se encuentran selladas y bien aseguradas para soportar el empuje que generará el concreto.
- Las plataformas de encofrado serán bien apiladas en un lugar seguro al igual que las maderas que si se emplearían estas últimas.
- Delimitar y señalizar, las pilas de plataformas y maderas de encofrado o retornarlos a la zona de almacenamiento.
- Practicar orden y limpieza del área de trabajo

- En todo momento deberán permanecer libres los espacios necesarios, en las inmediaciones de la zona a encofrar, para la circulación del personal en casos de emergencia, como asimismo de vehículos contra incendio o equipos de salvamento.

Figura 39-4: Procedimiento seguro de construcción.

Fuente: Autores, 2019

4.9.5.4 Realización de actividad segura

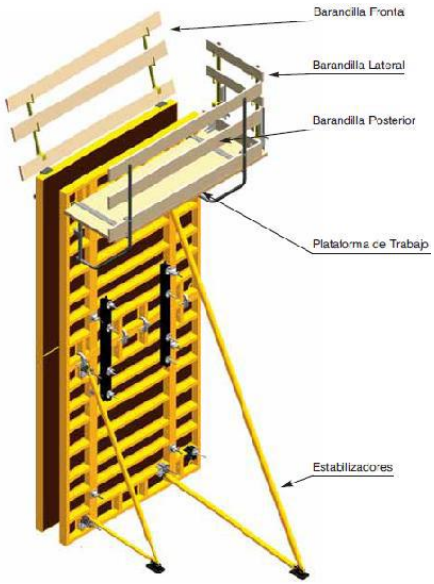


Figura 40-4: Actividad segura de encofrado

Fuente: Autores, 2019

Los encofrados para la ejecución de estructuras verticales resultan de la unión entre diversos paneles unitarios modulados hasta conseguir el conjunto deseado tanto en longitud como en altura, incluyendo plataformas de trabajo, accesos, son utilizados para la construcción de pilares, pilas, muros, pantallas, etc.

4.9.5.5 Normas generales

Tener en cuenta las instrucciones de montaje, desmontaje y mantenimiento del fabricante.

Por ningún motivo se debe descartar el uso de equipos de protección personal.

Hay que definir el tipo de encofrado en función de la tipología de la estructura. Asimismo, el encofrado tiene que tener suficiente resistencia para soportar, sin deformaciones apreciables, la carga del hormigón que contenga.

Acopiar los encofrados de forma ordenada y siempre horizontal en lugares adecuados, fuera de las zonas de paso.

Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

Deben evitarse o minimizarse las posturas forzadas y los sobreesfuerzos durante el trabajo.

4.9.5.6 Equipos de protección personal

Casco de seguridad H-700 de 3M, está diseñado para proveer protección, balance y confort al mismo tiempo que provee protección de pequeños objetos que puedan caer, golpeando la parte superior del casco.

Los tapones protectores auditivos desechables 1100 y 1110, fabricados con materiales hipo alergénicos de poliuretano, brindan una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los 85 dB(A).

Bota Rainfair Amarilla fabricadas en PVC, este material y su diseño ergonómico les otorgan gran flexibilidad y suavidad, sin perder resistencia o impermeabilidad.

Guante de cuero delgado que permite un fácil movimiento de las manos.

Los lentes de seguridad VIRTUA de 3M, han sido diseñados para proveer el nivel de protección ocular requerido contra altos impactos, y se encuentra entre las opciones más livianas disponibles en el mercado.

Trajes para lluvia impermeables de dos piezas (chaqueta con capucha y pantalón con o sin pechera), industriales y semi industriales 100% termo sellados, elaborados en tela de PVC que cuenta con soporte textil de poliéster.

Figura 41-4: Implementación de EPP.

Fuente: Autores, 2019

4.9.5.7 Medidas preventivas

Al sobrepasar el 1,80 m de altura es de uso obligatorio el uso de un arnés de seguridad y una línea de vida tal y como se especifica en el documento.

Usar andamios para realizar trabajos de encofrado y desencofrado a más de 1,80 m. de altura, el armado de estos se los llevara a cabo como se especifica en el documento.

Aquellas plataformas de trabajo susceptibles de caída de más de 2 metros de altura, se protegerán en todo el perímetro mediante la protección establecida en el plan de seguridad (redes, barandillas, etc.)

Se deberán proteger los frentes de losas mediante barandas, redes u otro dispositivo que garantice la seguridad del trabajador ante el posible riesgo de caída de altura.

En los fondos de las losas de escalera se clavarán listones atravesados para facilitar el acceso a plantas superiores y así lograr un tránsito más seguro.

El orden y limpieza del lugar de trabajo se hacen especialmente importantes en los trabajos de carpintería de obra, debido a la gran cantidad de restos de desencofrado que en muchos casos tienen aún puntas clavadas. Por ello, es conveniente la extracción de los clavos de estos restos de madera para su barrido inmediato. Se recomienda realizarlo mediante el documento.

Los acopios de materiales se harán en lugares previamente establecidos, evitando la improvisación.

Una vez armados los encofrados, se comprobará la perfecta estabilidad de los mismos, así como el estado de los puntales, antes de permitir a nadie el acceso a los mismos.

Antes de proceder al colado del hormigón se comprobará que el encofrado forma un conjunto estable.

Tanto en máquinas como en cualquier herramienta, se evitarán los atrapamientos por órganos móviles de transmisión, mediante su correspondiente carcasa de protección.

Se adiestrará y formará a los trabajadores sobre el uso adecuado de herramientas, con el fin de evitar golpes, cortes e incluso sobreesfuerzos.

Para prevenir los contactos eléctricos, se instalarán llaves diferenciales acompañados de toma de tierra, se conectarán los receptores con las clavijas normalizadas adecuadas y se usarán herramientas manuales provistas de doble aislamiento.

En época de baja temperatura y ante la necesidad de hacer fuegos, se evitarán éstos en la proximidad de materiales combustibles, utilizando para tal fin recipientes metálicos.

Se señalizará la obra mediante señalización de seguridad. Estas señales serán perfectamente visibles, no dando lugar a dobles interpretaciones.

Las fuentes de ruido se situarán lo más aisladas posibles de las personas, haciendo uso de protectores auditivos en caso necesario.

4.9.6 Diagrama de procesos de encofrado vertical (Estructura de muros, pilares.)

DIAGRAMA DEL PROCESO: ***Tipo hombre***				
Empresa: ESPOCH	**Operación:** ENCOFRADO DE TABLERO SEIMO			**Estudio Nº :** 02
Departamento: FASE CIVIL	**Operario:** Varios **Maquina:** ----------	**Analista:** **SALAZAR C. APUGLLON A.**	**Método:** Actual	**Fecha:** 2019-07-20
Plano No: 01				**Equivalencias:**
Pieza No: 01				

Símbolos	N° Ope.	Distancia (m)	Tiempo (s)	Descripción del proceso
○ ⇨	□ D ▼			Bodega de almacenamiento.
○ ⇨	□ D ▽			Transportar materiales para elaboración de caballetes desde bodega de almacenamiento hasta lugar de trabajo.
● ⇨	□ D ▽			Medir y señalar en la madera para la realización de la estructura del caballete
● ⇨	□ D ▽			Cortar las piezas señaladas para la elaboración de la estructura caballete

			Transporte desde el área de corte hasta el área a ensamblar el caballete
			Transportar desde bodega de almacenamiento los tableros metálicos seimon
			Cortar puntales de acuerdo a la medida necesitada para asegurar el caballete y los tableros seimo y tableros de madera
			Limpieza de tableros seimo para la parte posterior del muro
			Colocación de galletas para separar la estructura de acero con los tableros seimo
			Apuntalar los tableros seimo y la estructura caballete en la parte posterior del muro
			Limpieza de tableros seimo para la parte frontal del muro
			Colocación de banda PVC entre la estructura de acero
			Colocación de galletas para separar la estructura de acero con los tableros seimo
			Colocación y nivelación de tableros seimo en la parte frontal del muro
			Aseguramiento de tableros seimo mediante binchas
			Brinchar tensores
			Amarrar los tableros a la estructura de acero con alambre de amarre
			Alinear los tableros mediante una piola extendida a lo largo
			Inspección completa del encofrado, alineado de los tableros y seguridad de las estructuras.
			Limpieza del piso para proceder a la fundición

REGISTROS

N/A

OTROS

Norma OHSAS 18001

BOE Real decreto 1627/2007

CAPÍTULO V

5 COSTOS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Se realizará un análisis de los costos que intervino en el diseño y construcción de los elementos para el sistema de riego por aspersión.

5.1 Costos directos

5.1.1 Costos del sistema de riego por aspersión

Tabla 1-5: Costos de la implementación de elementos

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
2	Rollos de manguera de polietileno de ½”	85,00	170,00
2	Rollos de manguera de polietileno de ½”	60,00	120,00
10	Aspersores ½”	5,00	50,00
10	Unión Rosc. ½”	0,75	7,50
10	Válvulas de globo de ½”	3,00	30,00
20	Neplos corridos de ½”*50cm	2,00	40,00
10	Codo Rosc. ½”	1,00	10,00
10	Flex ½”	0,50	5,00
10	Trípodes de 3 patas	10,00	100,00
10	Buje 1 ½”*3/4”	2,00	20,00
10	Acoples de bayoneta completo ¾”	12,00	120,00
10	Codo Rosc. ¾”	0,70	7,00
10	Flex ¾”-1/2”	0,75	7,50
8	Tee 1 ½”	6,00	48,00
22	Flex 1 ½”	1,00	22,00
2	Buje 1 ½” – ½”	2,00	4,00

	SUBTOTAL	761,00
	TOTAL	761,00

Fuente: Autor

5.1.2 Costos de obras civiles

Tabla 2-5: Costos de materiales de construcción

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
55 sacos	Cemento Chimborazo de 50 kg	7,50	412,50
132,33 m^3	Arena	70,00	800,00
0,950 m^3	Ripio	80,33	900,00
0,73 m^3	Piedra Bola	60,00	600,00
2 Quintales	Barrilla ADELCA de 12 mm.	45,00	90,00
90,37 m^3	Agua	15,00	15,00
31,91 kg	Alambre galvanizado # 18	1,78	56,80
6 m	Manguera de 40 mm	6,00	6,00
1	Pega para tubos PVC	0,75	0,75
		SUBTOTAL	2881,05
		TOTAL	2881,05

Fuente: Autor

5.1.3 Costos de mano de obra

Tabla 3-5: Costos de mano de obra

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Maestro de la obra	180,00	180,00
2	Albañiles	120,00	240,00
1	Peón	70,00	70,00
1	Alquiler de encofrados	5,00/ 8 horas laborables	40,00
		SUBTOTAL	530,00
		TOTAL	530,00

Fuente: Autor

5.1.4 Costos del transporte del material

Tabla 4-5: Costos de transporte del material

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Flete de la traída de los materiales	50,00	50,00
1	Flete de la traída de maquinaria	50,00	50,00
		TOTAL	100,00

Fuente: Autor

5.1.5 Costo directo total

Tabla 5-5: Costos directos

Descripción	V. Total
Costos de la implementación de elementos	761,00
Costos de materiales de construcción	2881,05
Costos de mano de obra	530,00
Costos del transporte del material	100,00
Costo directo total	4272,05

Fuente: Autor

5.2 Costos Indirectos

Tabla 6-5: Costos indirectos

N.-	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Ingenieriles (supervisión)	150,00	150,00
1	Imprevistos	100,00	100,00
		TOTAL	**250,00**

Fuente: Autor

5.3 Costo total

Tabla 7-5: Costos total

N.-	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Costo directos totales	4272,05	4272,05
1	Costo indirectos totales	250,00	250,00
		TOTAL	**4522,05**

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- Mediante una visita Insitu se determinó las condiciones del suministro de agua se manejaban de manera ancestral dando así un amplio estudio para la tecnificación del sistema de riego en la Quinta “La Delicia”, ubicado en la parroquia San Juan.
- Con la ayuda del software Cropwat 8.0 se procedió el análisis de los parámetros agronómicos, obteniendo el uso de agua por cultivo de 332,9 mm déficit húmedo en la cosecha de 48 mm y por último el requisito real de riego es de 231 mm.
- Se construyó los diferentes elementos que integran el sistema de aspersión bajo los parámetros de diseño por el software SolidWorks que servirán para un buen funcionamiento óptimo de riego.
- Por presentar que la quinta la Delicia, una topografía irregular con pendientes superiores al 15%, se resolvió implementar 10 aspersores, según el área del terreno y la disponibilidad del flujo hídrico tomando en cuenta la frecuencia de riego de 3,82 días y el tiempo de aplicación de riego por aspersor que es de 33,35 minutos.

.

RECOMENDACIONES

- Implementar mecanismos de disponibilidad del recurso hídrico sin afectar el medio ambiente mediante el estudio constantes de temperatura, erosión del suelo y otros factores que puede afectar a la producción.
- Brindar mantenimiento periódico preventivo y correctivo a todo el sistema de riego a través de la limpieza de filtros en el reservorio, filtros en aspersores debido a que la presencia de impurezas reduce la eficiencia y confiabilidad del sistema.
- No regar con viento alto, ya que la uniformidad de distribución del agua aplicada disminuye considerablemente con el viento. Además, con altas velocidades de viento, aumenta el porcentaje de pérdidas por evaporación y arrastre (cantidad de agua que sale de los emisores, pero no llega a la superficie de la parcela al evaporarse o ser arrastrada por el viento).
- Aplicación de riegos nocturnos, el regar por la noche disminuye el valor de las pérdidas por evaporación y arrastre ya que la velocidad del viento y la temperatura del aire es menor que por el día. Para realizar riegos nocturnos, lo más adecuado es automatizar el riego en la parcela.

BIBLIOGRAFÍA

Adolfo, S. *Manual de especificaciones técnicas* [en línea]. Cochobamba-Bolivia: 2010.[Consulta: 20 marzo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334548644_MANUAL_DE_ESPECIFICACIONES_TECNICAS_BASICAS_PARA_LA_ELABORACION_DE_ESTRUCTURAS_DE_CAPTACION_DE_AGUA_DE_LLUVIA_SCALL_EN_EL_SECTOR_AGROPECUARIO_DE_COSTA_RICA_Y_RECOMENDACIONES_PARA_SU_UTILIZACION_II_II

Ing. Edgar Sparrow, R. *El Deserenador* [en línea]. Nuevo Chimbote-Peru: 2008. [Consulta: 11 de abril 2019]. Disponible en: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/trabajo_de_desarenador1__tmp4a134267.pdf

VEGA PILOZO, Mariela, & DEFAZ ÁLAVA, Gabriel. Implementación de un sistema de riego por aspersión para uso agrícola, ubicado en la instalaciones de la Facultad de Ingeniería Agrícola en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Manabí, Ingenieria Agrícola, Manabí. 2014. pp. 35-36 [en línea]. Lodana-Santa Ana, 2014. [Consulta: 2019-05-22]. Disponible en: http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/94/1/Implementacion%20de%20un%20sistema%20de%20riego%20por%20aspersion%20para%20uso%20agricola.pdf

Manuel, E. *Diseño de deseneradores. HIDROCONSULT Soluciones en hidrologia y hidraulica.* [en línea]. Lima-Preú: 2015.[Consulta: 1 mayo 2019]. Disponible en: https://cacperu.com/media/resumes/CV-Manuel-Garc%C3%ADa-Naranjo-marzo-2017-1.pdf

MOROCHO GUACHO, Juan Carlos & CABEZAS ARÉVALO, Flavio Franklin. Evaluacion y rediseño del sistema de riego del recinto Cascajal, Cantón Cumanda, Provincia de Chimborazo para determinar su óptimo funcionamiento. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Chimborazo, Ingenieria Civil. Riobamba- Ecuador. 2016. pp. 50-68. [Consulta: 2019-06-03]. Dsponible en: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1372/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2016-0007.pdf

Rafael, F & Nicolas A. *Manual de riego para agricoltores. Riego por aspercion.*[en línea]. Sevilla-España: Junta de Andalucía,Consejería de agricultura y Pesca, 2010. [Consulta: 13 mayo

2019]. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento_del_riego_1.pdf

Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan [en línea]**.** San Juan- Riobamba, 2015. [Consulta: 16 mayo 2019]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660823500001_PDYOT%20SAN%20JUAN%202015_15-05-2015_17-41-49.pdf

M.Sc. Oscar, C. *Evaluación hidráulica del riego por aspersión subfoliar en banano (Musa paradisiaca) en la finca San José 2, provincia Los Ríos, Ecuador* [en línea]. Los Ríos-Ecuador, 2015. [Consulta: 10 junio 2019]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/932/93233771005.pdf

Lapo, C. *Diseño Optimo de sistema de riego a presion y su eficiencia Hidro-Energetica aplicacion en el caso de Loja (Ecuador)* [en línea]. Loja-Ecuador, 2012.[Consulta: 15 junio 2019]. Disponible en: https://riunet.upv.es/handle/10251/18322

Hubert, M. *Manual de especificaciones tecnicas basicas para la elaboracion de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuacrio de Costa Rica y Recomendaciones para su utilizacion.* [en línea]. Costa Rica, 2010. [Consulta: 20 junio 2019]. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00273.pdf

RAMOS RAMOS, Marco Patricio & BÁEZ RIVERA, Dario Francisco. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN UNA PARCELA DEMOSTRATIVA EN EL CANTÓN CEVALLOS. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Ingenieria Mantenimiento, Riobamba-Ecuador. 2010. pp. 60-79. [Consulta: 2019-07-23]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2677/1/25T00208.pdf

ANEXOS

ANEXOS A: Propiedades físicas del suelo

	AGUA DEL SUELO (% V) 10cem		
Textura	CAPACIDAD DE CAMPO	Punto de Marchitez Permanente	Agua Disponible
Arenoso	9	2	7
Arenoso Franco	14	4	10
Franco Arenoso	23	9	14
Franco	34	12	22
Franco Arcilloso	30	16	14
Arcilloso	38	24	14
Arcilloso Bien estructurado	50	30	20

Fuente: (Carlos, 2016)

ANEXO B: Tabla de rangos para diferentes cultivos

CULTIVO	Prof. raíces (m)	NAP %		CULTIVO	Prof. raíces (m)	NAP %
Alfalfa	1.0-2.0	55		Lino	1-1,5	50
Aguacate	0,5-1,0	70		Lúpulo	1-1,2	50
Ajo	0,3-0,5	30		Maiz	1-1,7	55
Alcachofa	0,6-0,9	45		Mandioca	0,5-0,8	35
Algodón	1,0-1,7	65		Manzana, cerezo, pera	1,0-2,0	50
Apio	0,3-0,5	20		Melocotón, Fruta hueso	1,0-2,0	50
Arroz	0,5-1,0	20		Melón	0,8-1,5	40
Banana	0,5-0,9	35		Melón (cantaloupe)	0,9-1,5	45
Batata	1-1,5	65		Menta	0,4-0,8	40
Berenjena	0,7-1,2	45		Nabo	0,5-1,0	50
Brocolí	0,4-0,6	45		Nogal	1,7-2,4	50
Cacahuete	0,5-1,0	50		Olivo 40-60% cobert.	1,2-1,7	65
Cacao	0,7-1,0	30		Palmas	0,7-1,1	65
Café	0,9-1,5	40		Patata	0,4-0,6	35
Calabaza	1,0-1,5	35		Pepino	0,7-1,2	50

Fuente: (Bustos, 2015)

ANEXO C: Criterios de riego

Cultivo	f	Cultivo	f
Alfalfa	0.60	Limón	0.25
Aguacate	0.30	Maíz grano	0.40
Apio	0.15	Melón	0.20
Brócoli	0.30	Naranjo	0.35
Caña de azúcar	0.60	Patata	0.40
Cebolla	0.30	Plátano	0.30
Coliflor	0.45	Remolacha	0.50
Fresa	0.10	Repollo – col	0.35
Frutales hoja caduca	0.40	Tabaco	0.25
Guisante – arveja	0.25	Tomate	0.45
Judía – fréjol	0.50	Viñedo	0.55
Lechuga	0.35	Zanahoria	0.40

Fuente: (Yépez, 2015)

ANEXO D: Propiedades física del suelo

Textura	Porosid. total (%)	DA (g cm^{-3})	CC (%)	CMP (%)	Agua disponible		
					H% p.s.	H% vol	H mm 10 cm^{-1}
Arenoso	38	1.65	9	4	5	8	8
	(32-42)	(1.55-1.8)	(6-12)	(2-6)	(4-6)	(6-10)	(7-10)
Franco-arenoso	43	1.5	14	6	8	12	12
	(40-47)	(1.4-1.60)	(10-18)	(4-8)	(6-10)	(9-15)	(9-15)
Franco	47	1.4	22	10	12	17	17
	(43-49)	(1.35-1.5)	(18-26)	(6-10)	(10-14)	(14-20)	(14-19)
Franco-arcilloso	49	1.33	27	13	14	19	19
	(47-51)	(1.3-1.4)	(23-31)	(12-15)	(12-16)	(16-22)	(17-22)
Arcillo-Arenoso	51	1.3	31	15	16	21	21
	(49-53)	(1.25-1.35)	(27-35)	(14-18)	(14-18)	(18-23)	(18-23)
Arcilloso	53	1.25	36	17	18	23	23
	(51-55)	(1.2-1.3)	(31-39)	(16-20)	(16-20)	(20-25)	(20-25)

Fuente: (Gutierrez)

ANEXO E: Velocidad de infiltración

TEXTURA	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (mm/hora)
ARCILLOSO	< 5
FRANCO-ARCILLOSO	5 - 10
FRANCO	10 - 20
FRANCO-ARENOSO	20 - 30
ARENOSO	> 30

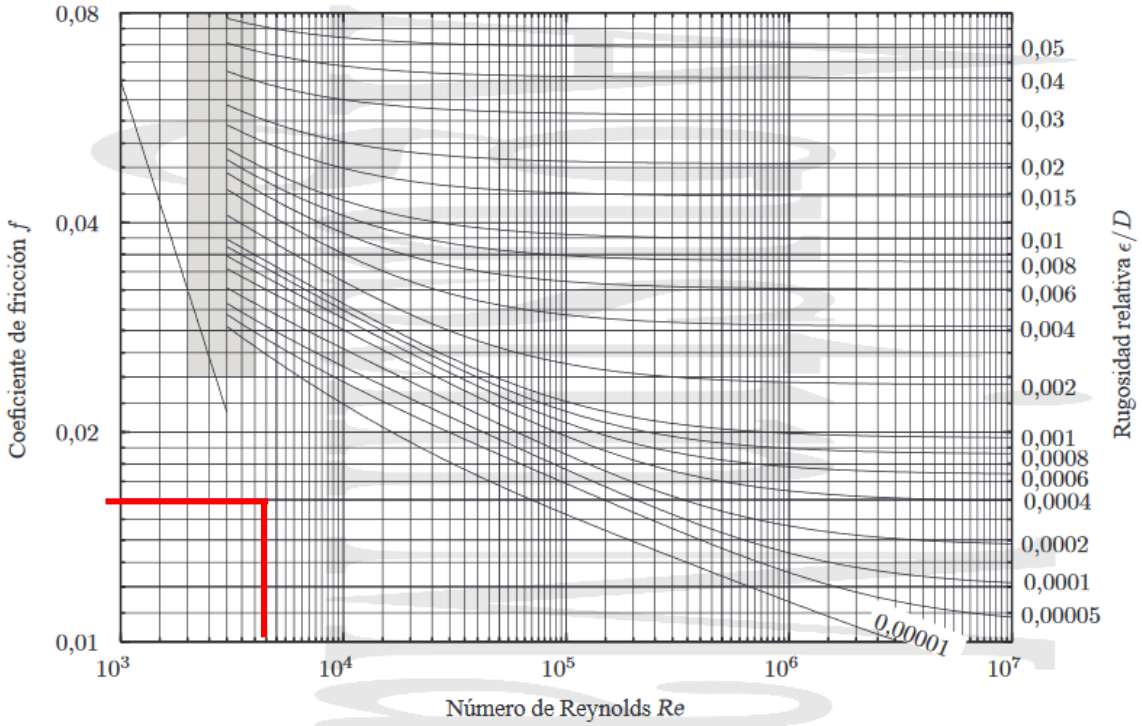
Fuente: (Bustos, 2015)

ANEXO F: Propiedades del agua temperatura promedio de 6-16 °C

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m^3)	Densidad ρ (kg/m^3)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m^2/s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Fuente: (Mott, y otros, 2006)

ANEXO G: Diagrama de Moody



Fuente: (Mott, y otros, 2006)

ANEXO H: Las velocidades de flujo que resultan de los tamaños recomendables

Rapidez del flujo de volumen		Línea de succión			Línea de descarga		
		Tamaño de la tubería	Velocidad		Tamaño de la tubería	Velocidad	
gal/min	m^3/h	(in)	ft/s	m/s	(in)	ft/s	m/s
10	2.3	1	3.7	1.1	¾	6.0	1.8
100	22.7	2½	6.7	2.0	2	9.6	2.9
500	114	5	8.0	2.4	3½	16.2	4.9
2000	454	8	12.8	3.9	6	22.2	6.8

Fuente: (Mott, y otros, 2006)

ANEXO H: Tabla de las propiedades del agua

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m^3)	Densidad ρ (kg/m^3)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m^2/s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Fuente: (Mott, y otros, 2006)

ANEXO I: Resistencia de válvulas y acoplamientos, expresada como longitud equivalente en el diámetro de tubería

Tipo	Longitud equivalente en diámetrcs de tubería L_e/D
Válvula de globo —totalmente abierta	340
Válvula de ángulo —totalmente abierta	150
Válvula de compuerta —totalmente abierta	8
—abierta ¾	35
—abierta ½	160
—abierta ¼	900
Válvula de retención —tipo oscilante	100
Válvula de retención —tipo bola	150
Válvula de mariposa —totalmente abierta, 2-8 in	45
—10-14 in	35
—16-24 in	25
Válvula de pie —tipo disco de vástago	420
Válvula de pie —tipo disco de bisagras	75
Codo estándar de 90°	30
Codo de 90° y radio largo	20
Codo de 90° para calle	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de 45° para calle	26
Doblez de retorno cerrado	50
Te estándar —con flujo por la línea principal	20
—con flujo por la ramificación	60

(Reproducido con autorización de Crane Co. *Flow of Fluids trough Valves, Fittings and Pipe*, artículo técnico núm. 410, 2011. Todos los derechos reservados).

Fuente: (Mott, y otros, 2006)

ANEXO J: Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia.

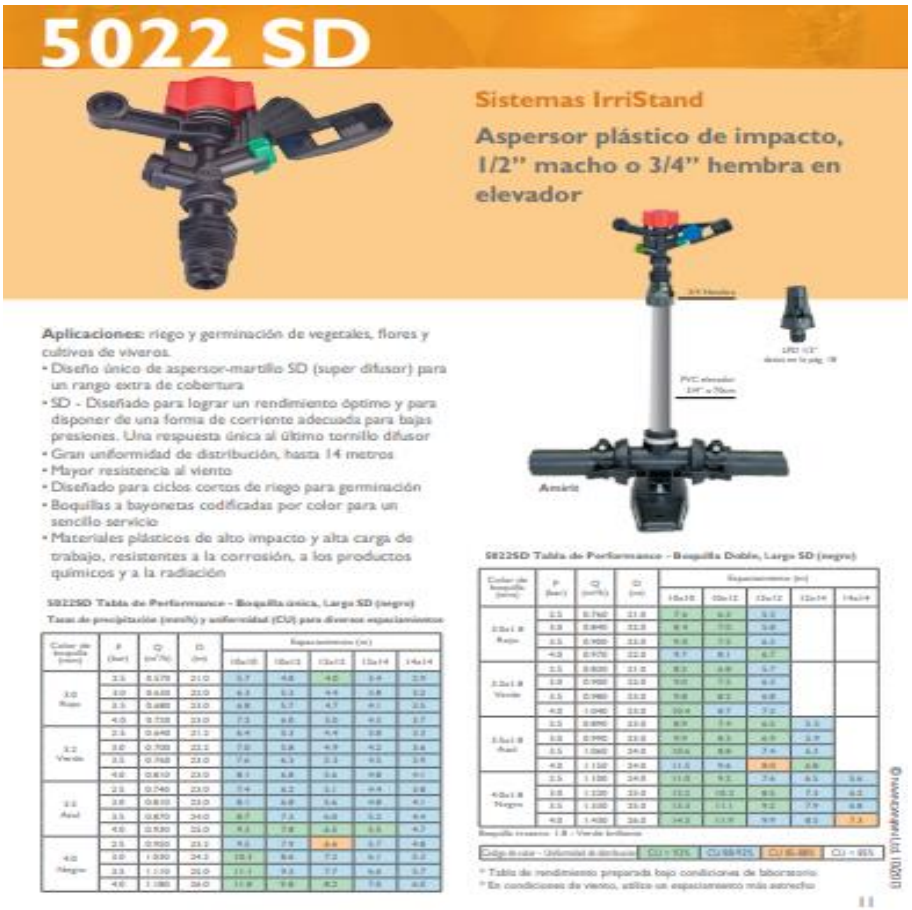
Tamaño nominal de la tubería		Factor de fricción, f_T	Tamaño nominal de la tubería		Factor de fricción, f_T
Estados Unidos (in)	Métrico (mm)		Estados Unidos (in)	Métrico (mm)	
½	DN 15	0.026	3, 3½	DN 80, DN 90	0.017
¾	DN 20	0.024	4	DN 100	0.016
1	DN 25	0.022	5, 6	DN 125, DN 150	0.015
1¼	DN 32	0.021	8	DN 200	0.014
1½	DN 40	0.020	10-14	DN 250 a DN 350	0.013
2	DN 50	0.019	16-22	DN 400 a DN 550	0.012
2½	DN 65	0.018	24-36	DN 600 a DN 900	0.011

Fuente: (Mott, y otros, 2006)

ANEXO K: Fotografías de la implementación del sistema de riego

Fuente: Los Autores

ANEXO L: Catálogo de aspersores Naandajain



5022 SD

Sistemas IrriStand

Aspersor plástico de impacto, 1/2" macho o 3/4" hembra en elevador

Aplicaciones: riego y germinación de vegetales, flores y cultivos de viveros.

- Diseño único de aspersor-martillo SD (super difusor) para un rango extra de cobertura
- SD - Diseñado para lograr un rendimiento óptimo y para disponer de una forma de corriente adecuada para bajas presiones. Una respuesta única al último tornillo difusor
- Gran uniformidad de distribución, hasta 14 metros
- Mayor resistencia al viento
- Diseñado para ciclos cortos de riego para germinación
- Boquillas a bayonetas codificadas por color para un sencillo servicio
- Materiales plásticos de alto impacto y alta carga de trabajo, resistentes a la corrosión, a los productos químicos y a la radiación

5022SD Tabla de Performance - Boquilla única, Largo SD (negro)

Tasa de precipitación (mm/h) y uniformidad (CU) para diversos espaciamientos

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m³/h)	D (m)	Espaciamiento (m)				
				10x10	10x12	12x12	12x14	14x14
3.0 Rojo	2.5	0.570	21.0	5.7	4.8	4.0	3.4	2.9
	3.0	0.620	22.0	6.2	5.2	4.4	3.8	3.2
	3.5	0.680	23.0	6.8	5.7	4.7	4.1	3.5
	4.0	0.720	23.0	7.2	6.0	5.0	4.3	3.7
3.2 Verde	2.5	0.640	21.5	6.4	5.3	4.4	3.8	3.2
	3.0	0.700	22.5	7.0	5.8	4.9	4.2	3.6
	3.5	0.760	23.0	7.6	6.3	5.3	4.5	3.8
	4.0	0.810	23.0	8.1	6.8	5.6	4.8	4.1
3.5 Azul	2.5	0.740	23.0	7.4	6.2	5.1	4.4	3.8
	3.0	0.810	23.0	8.1	6.8	5.6	4.8	4.1
	3.5	0.870	24.0	8.7	7.3	6.0	5.2	4.4
	4.0	0.930	25.0	9.3	7.8	6.5	5.6	4.7
4.0 Negro	2.5	0.900	23.5	9.0	7.5	6.2	5.3	4.5
	3.0	1.000	24.5	10.0	8.4	7.0	6.0	5.0
	3.5	1.100	25.0	11.0	9.2	7.7	6.6	5.5
	4.0	1.180	26.0	11.8	9.8	8.2	7.0	5.9

5022SD Tabla de Performance - Boquilla Doble, Largo SD (negro)

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m³/h)	D (m)	Espaciamiento (m)				
				10x10	10x12	12x12	12x14	14x14
3.0x1.8 Rojo	2.5	0.760	21.0	7.6	6.3	5.3		
	3.0	0.840	22.0	8.4	7.0	5.8		
	3.5	0.900	22.0	9.0	7.5	6.3		
	4.0	0.970	22.0	9.7	8.1	6.7		
3.2x1.8 Verde	2.5	0.820	21.5	8.2	6.8	5.7		
	3.0	0.900	22.0	9.0	7.5	6.3		
	3.5	0.960	22.0	9.6	8.0	6.7		
	4.0	1.040	22.0	10.4	8.7	7.2		
3.5x1.8 Azul	2.5	0.890	23.0	8.9	7.4	6.2	5.3	
	3.0	0.990	23.0	9.9	8.3	6.9	5.9	
	3.5	1.060	24.0	10.6	8.8	7.4	6.3	
	4.0	1.130	24.0	11.3	9.4	8.0	6.8	
4.0x1.8 Negro	2.5	1.100	24.0	11.0	9.2	7.6	6.5	5.5
	3.0	1.220	25.0	12.2	10.2	8.5	7.3	6.2
	3.5	1.320	25.0	13.2	11.1	9.2	7.9	6.6
	4.0	1.400	26.0	14.0	11.9	9.9	8.5	7.1

Boquilla trasera: 1.8 - Verde brillante

Código de color - Uniformidad de distribución	CU > 92%	CU 88-92%	CU 85-88%	CU < 85%

* Tabla de rendimiento preparada bajo condiciones de laboratorio

* En condiciones de viento, utilice un espaciamiento más estrecho

Amarillo

PVC elevador 3/4" x 70cm

11

Fuente: (ASPERSORES)

ANEXO M: Catálogo de accesorios polietileno.

Descripción	Ref.	EAN	
Te igual 20 mm	TE20	8430905800825	20
Te igual 25 mm	TE25	8430905800832	20
Te igual 32 mm	TE32	8430905800849	10

Descripción	Ref.	EAN	
Te rosca hembra 20 mm x 1/2"	TH20	8430905800795	40
Te rosca hembra 25 mm x 3/4"	TH25	8430905800801	20
Te rosca hembra 32 mm x 1"	TH32	8430905800818	10

Descripción	Ref.	EAN	
Te rosca macho 20 mm x 1/2"	TM20	8430905800764	20
Te rosca macho 25 mm x 3/4"	TM25	8430905800771	20
Te rosca macho 32 mm x 1"	TM32	8430905800788	10

Descripción	Ref.	EAN	
Codo igual 20 mm	CO20	8430905800733	40
Codo igual 25 mm	CO25	8430905800740	20
Codo igual 32 mm	CO32	8430905800757	10

Fuente: (componentes)

ANEXO N: Catálogo de tubos PVC

TUBERÍA Y ACCESORIOS RIEGO MÓVIL

TUBERÍA

mm	Código
50	2005669
75	2005670
100	2005671
125	2005673

EMPAQUE

mm	Código
50	9006620
75	9006621
100	9006622
125	9006624

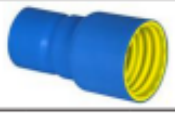
ACOPLE METÁLICO HEMBRA

mm	Código
50	2010731
75	2013558
100	2010733
125	2013562

ACOPLE METÁLICO MACHO

mm	Código
50x38	9006625
50	2010730
75	2013554
100	2010732

ACOPLE VIQUA HEMBRA



mm	Código
50	9036397
75	9036398

ACOPLE VIQUA MACHO

mm	Código
50	9036399
75	9036400

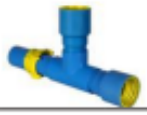
TE LISA

mm	Código
50	9036405
75	9036406

VALVULA BOLA

mm	Código
50	9047133
75	9047134

TE DERIVACIÓN



mm	Código
50	9036405
75	9036406

Fuente: (ASPERSORES)